

АКАДЕМИЯ НАУК УЗБЕКСКОЙ ССР

ИРРИГАЦИЯ



В ЧЕТЫРЕХ ТОМАХ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР

СОВЕТ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СИЛ РЕСПУБЛИКИ

УЗБЕКИСТАНА



ТОМ IV

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС
В ИРРИГАЦИИ



ТАШКЕНТ — 1981

Ирригация Узбекистана, т. IV. Технический прогресс в ирригации. Коллектив. Изд-во «Фан» УзССР, 1981.

В монографии освещены научные и технические достижения ирригационного и мелиоративного строительства и эксплуатации водохозяйственных систем Узбекистана; охарактеризованы современные гидротехнические сооружения, применяемые в ирригационном строительстве, а также описаны образцы новейшей ирригационно-мелиоративной техники, внедряемой в производство; рассмотрены современные индустриальные методы ирригационно-мелиоративного, дорожного освоения крупных земельных массивов.

Книга рассчитана на специалистов плановых, проектных, хозяйственных и научных организаций: ирригаторов, энергетиков, агрономов, механизаторов, экономистов, историков, а также студентов соответствующих вузов и техникумов.

Ответственный редактор IV тома

канд. техн. наук В. А. ДУХОВНЫЙ

40305-862
И М 355 (04)-81 50-81 3302000 000

© Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1981 г.

Научно-технический прогресс каждой отрасли определяет не только ее эффективность, но и перспективы развития, а также социально-экономическую значимость.

Природа Средней Азии обусловила развитие орошения как одной из важнейших отраслей сельского хозяйства, от которой зависит уровень экономики региона.

На особо важное значение ирригации в Средней Азии указывали К. Маркс и Ф. Энгельс: «...климатические условия и своеобразие поверхности... сделали систему искусственного орошения при помощи каналов и ирригационных сооружений основой восточного земледелия»¹. Однако возможности освоения огромных земельных массивов тесно связаны с уровнем производительных сил страны: «...техника с невероятной быстротой развивается в наши дни, — писал В. И. Ленин, — и земли, непригодные сегодня, могут быть сделаны завтра пригодными, если будут найдены новые приемы (...), если будут произведены большие затраты капитала»².

За годы Советской власти в республиках Средней Азии осуществлены крупные организационно-хозяйственные и технические мероприятия для улучшения орошаемого земледелия и наиболее эффективного использования водных ресурсов. Огромный прогресс, достигнутый в области ирригации в Узбекистане, заключался в темпах, размахе и объеме водохозяйственного строительства.

Получив в наследство от царской России примитивную, плохо управляемую, труднейшим образом эксплуатируемую оросительную сеть, узбекский народ огромными усилиями, напряженным трудом, основанным на многовековом опыте и достижениях передовой науки и техники, опираясь на техническую мощь

всей нашей социалистической Родины, под руководством Коммунистической партии не только восстановил систему, но и преобразил ее, значительно увеличив площади орошаемых земель.

В предвоенные годы в Узбекистане родился замечательный почин — метод народных строек, позволивший за короткий срок построить десятки ирригационных каналов, повысивших водообеспеченность оросительных систем (БФК, СФК и др).

В 50-е годы осуществлен переход на новую систему орошения, позволивший создать условия для широкой механизации сельхозработ и улучшения водопользования. Именно в Узбекистане впервые началась планомерная борьба с засолением земель на основе современных типов дренажа и промывок, стали внедряться передовые методы мелиорации земель.

Совместными усилиями среднеазиатских гидротехников и энергетиков на реках, каналах воздвигнуты десятки уникальных водозаборных плотин, водохранилищ и других сооружений. Огромный размах приобрели работы по межбассейновым переброскам речных стоков, повышению водообеспеченности мелководных источников, особенно на базе развития машинного водоподъема. Построены такие уникальные каскады насосных станций, как Аму-Бухарский, Каршинский и многие другие, поднимающие сотни кубометров воды в секунду на 100 м и более.

На землях Голодной степи разработан, опробован и внедрен комплексный метод освоения и орошения крупных массивов земель на базе современной техники и на высоком уровне индустриализации. За короткий срок пустынные территории были орошены и превращены в высокопродуктивные сельскохозяйственные районы.

Опыт освоения Голодной степи широко применяется не только в Средней Азии (Кар-

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 9, с. 132.

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 27, с. 381.

шинская, Сурхан-Шерабадская степи, зона Каракумского канала и т. д.), но и в Полесье, Белоруссии и других зонах мелиорации земель нашей страны. Этот опыт стал достоянием всей мировой ирригации и практики освоения орошаемых земель, особенно в развивающихся странах.

Партия и правительство всемерно содействуют развитию орошаемого земледелия в Средней Азии. Об этом свидетельствуют решения мартовского (1965 г.), майского (1966 г.) и последующих пленумов ЦК КПСС, наметивших конкретные пути развития мелиорации, орошения и освоения новых земель.

Одним из главных направлений аграрной политики Коммунистической партии в период зрелого социализма остается ирригация. Водохозяйственным работам придается общегосударственное значение. На майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС Л. И. Брежнев подчеркивал: «Мы должны отдать себе отчет и твердо сказать всей партии, всему народу, что это не текущая кампания, это — программа в области сельского хозяйства, рассчитанная на длительный срок, программа, требующая огромных усилий и немалых капитальных вложений и материально-технических средств. Она базируется на данных науки и практики, на реальных возможностях, которыми теперь располагает экономика»¹.

За последнее десятилетие в Средней Азии широко развернулись работы по освоению таких огромных земельных массивов, как Голландия и Каршинская степи, Яванская долина, зона Каракумского канала, низовья Амударьи и Сырдарьи и др.; сооружены уникальные водохранилища: Нурекское на р. Вахше, Тюямуякское на р. Амударье, Токтогульское на р. Нарыне, Андижанское на р. Карадарье, Кировское на р. Таласе и многие другие; ведутся работы по облицовке оросительных каналов, строительству закрытого горизонтального и вертикального дренажей. Все это способствует неуклонному повышению эффективности всех отраслей сельского хозяйства, прежде всего хлопководства.

Огромные успехи народного хозяйства республики в значительной мере связаны с усилением роли технического прогресса в ирригации, достижениями в этой области.

Вопросы технического прогресса в ирригации освещены в четырех разделах данного тома: водохранилища, водные ресурсы и их рациональное использование, водозаборные

плотины, насосные станции, мелиорация земель и водохозяйственное строительство.

В первом разделе данного тома нашли отражение вопросы экономного расходования водных ресурсов.

Анализ современного состояния оросительных систем и уровня их эксплуатации позволил выявить серьезные недостатки и найти пути более экономного и рационального использования воды для смягчения огромного дефицита, который неизбежен в ближайшее время. Важнейшие из них следующие: переустройство сети каналов, их облицовка, совершенствование эксплуатации оросительных систем, перевод ее на промышленную основу, в дальнейшем — автоматизация систем, создание оптимальных мелиоративных режимов и сокращение расхода воды на промывку на основе внедрения закрытого горизонтального и вертикального дренажей, агротехнические приемы экономии воды (в том числе совершенствование техники и способов полива).

Водные ресурсы в бассейнах среднеазиатских рек во многом определяются надежностью гидрогеологических прогнозов. К сожалению, оправданность их пока недостаточна. Предстоит много сделать, чтобы значительно повысить правильность прогнозов.

Водопользование предъявляет особые требования к пропускной способности каналов. Если ранее в силу недостаточного уровня механизации каждый очередной цикл сельхозработ, начиная от вспашки, растягивался на десятки дней, то теперь высокая степень механизации полевых работ, особенно в хлопководстве, позволяет все циклы, особенно сев, провести в оптимальные агротехнические сроки — за 5—10 дней. Это заставляет пересмотреть назначение расчетных расходов оросительных каналов.

Возникает необходимость усиленного внедрения в водопользование АСУ, увязывающей орошение, агротехнику и другие сферы сельхозпроизводства.

Второй раздел тома содержит многочисленные данные о сооружениях, созданных в Узбекистане для управления водными ресурсами. Особый интерес представляют главы с характеристиками всех крупных гидроузлов и водозаборов, построенных в республике.

Значительное внимание уделено русловым процессам на реках и берегоукрепительным и руслорегулирующим работам для надежного водозабора, борьбы с русловой эрозией, защиты населенных пунктов и сооружений. Показаны достижения в строительстве круп-

¹ Брежнев Л. И. Ленинским курсом. Речи и статьи, т. I, М., 1978, с. 397.

ных уникальных насосных станций машинного орошения.

Особое место в водном хозяйстве занимает эксплуатация оросительных систем как основное средство превращения мелiorации в широком смысле в долговременное мероприятие. Известно, что мелiorативные работы в корне преобразуют осваиваемые земли, с помощью орошения, дренажа и системы агротехнических и мелiorативных мероприятий превращают их в более качественные. Однако строительные работы, создающие новую систему взаимодействия воды, земли и человека, не могут обеспечить ее долговременность, постоянство и надежность, так как после определенного периода в системе нарастают отказы элементов и снижается надежность. Для предотвращения этих явлений и обеспечения стабильности мелiorации земель необходимо организовать надежную эксплуатацию мелiorативных систем.

Эксплуатация мелiorативных систем превратилась в отрасль, которую можно назвать «эксплуатацией водохозяйственных комплексов». Она включает ряд функциональных направлений по формированию водных ресурсов и управлению ими в виде служб бассейнов, водораспределению и содержанию систем, мелiorативной службе, поддержанию систем в рабочем состоянии, реконструкции и улучшению систем, охране водных ресурсов.

Узбекистан явился основоположником построения служб эксплуатации на индустриальной основе: здесь созданы базы эксплуатационных органов, крупные промышленные предприятия по ремонту всех элементов систем, уникальные насосные станции и системы вертикального дренажа. Одновременно сформированы такие строительные и промышленные организации, которые не только обеспечивают поддержание мелiorативных систем на должном уровне, но и постоянно повышают их оснащенность на основе новейших достижений науки и техники.

В третьем разделе широко представлены материалы по мелiorации земель. На примере Узбекистана можно проследить основные этапы решения проблемы технического прогресса в мелiorации засоленных земель в нашей стране, формирования ее теоретических принципов. Выбор оптимальных мелiorативных режимов проводится с учетом свойств почв, степени минерализации грунтовых вод, интенсивности и влияния орошения на окружающую среду. В состав мелiorативных мероприятий входит и агротехническая мелiorация засоленных земель.

В четвертом разделе освещены достижения в строительстве водохозяйственных объектов и применении строительных материалов — широкой индустриализации работ по возведению гидротехнических сооружений и крупных насосных станций, разработке технологии строительства крупных каналов взрывом, устройству дренажа в тяжелых грунтах с применением рыхления взрывом и др.

Быстрые темпы развития орошения в Средней Азии при ограниченности водных ресурсов в бассейне Аральского моря привели к тому, что в ближайшие годы водные ресурсы региона будут исчерпаны. Для дальнейшего развития орошаемого земледелия в республиках Средней Азии, в том числе в Узбекистане, актуальное значение имеет переброска части стока сибирских рек в Среднюю Азию. До переброски стока сибирских рек орошаемое земледелие Средней Азии и Южного Казахстана должно будет существовать и развиваться за счет рационального и экономного использования собственных водных ресурсов.

На X пленуме ЦК Компартии Узбекистана Ш. Р. Рашидов отмечал: «...экономическое развитие республики, и прежде всего ее сельского хозяйства, во многом зависит от ускорения организации работ по переброске части стока сибирских рек в Среднюю Азию. Мы настоятельно ставим этот вопрос в союзных органах. Поставлен он и на июльском Пленуме ЦК КПСС. Но нам надо понять, что дело это очень сложное и даже при всемерном форсировании работ потребует много времени. Поэтому при сложившихся условиях очень важно строго экономить оросительную воду, принять меры к зарегулированию всех имеющихся источников, уменьшению потерь воды на фильтрацию, установить жесткий режим в ее расходовании.

Орошаемые земли — ценнейшее богатство республики. Нашей общей заботой должна стать борьба за дальнейшее повышение производительной силы земли, за повышение плодородия каждого поля, каждого гектара»¹.

В связи с огромной народнохозяйственной значимостью переброски сибирских рек, которую еще раз подчеркнул XXV съезд КПСС, указав на необходимость осуществить «...проектные проработки, связанные с проблемой переброски части стока северных и сибирских рек в Среднюю Азию, Казахстан и бассейн реки Волги»², над данной проблемой

¹ Рашидов Ш. Р. Новый этап в развитии аграрной политики партии. «Коммунист Узбекистана», 1978, № 9.

² Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 203.

работают более ста научных организаций нашей страны.

В конце апреля 1978 г. в Ташкенте по инициативе Совета президентов академий наук Среднеазиатских республик и СОПСа АН УзССР проведена Всесоюзная конференция, посвященная проблемам переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию в свете решений XXV съезда КПСС. В ее работе приняли участие президенты академий наук республик Средней Азии и Казахстана, видные ученые и специалисты водного хозяйства, проектных и научно-исследовательских институтов Москвы, Новосибирска, Иркутска, Среднеазиатских республик и Казахстана. Были рассмотрены основные направления научных исследований по проблеме переброски, принципиальные положения проекта, эффективность и пути рационального использования водных ресурсов Средней Азии и Сибири, значение переброски для роста производительных сил и социально-экономического развития республик Средней Азии и Казахстана.

На конференции единодушно была подтверждена целесообразность и необходимость ускоренного решения вопроса о переброске избыточных водных ресурсов Западной Сибири в вододефицитный район бассейна Аральского моря для решения социально-экономических проблем Среднеазиатских республик и Казахстана, повышения их роли в общесоюзном разделении труда по производству промышленных и сельскохозяйственных товаров. Вместе с тем ученые признали необходимость дополнительного углубленного изучения ряда вопросов по эффективному использованию перебрасываемого стока, максимальному предотвращению отрицательных последствий переброски на окружающую среду и др.

Ирригаторы Узбекистана стоят на самых передовых рубежах, приумножают успехи в осуществлении ленинских планов развития социалистического земледелия, делают все необходимое для претворения в жизнь намеченной Коммунистической партией широкой программы подомхозяйственного строительства, дальнейшего интенсивного развития сельского хозяйства, прежде всего хлопководства, на базе научно-технического прогресса.

С. М. Мамарасулов, В. А. Духовный

АВТОРЫ ОТДЕЛЬНЫХ ГЛАВ

Глава I. Водные ресурсы и пути их рационального использования. Докт. геогр. наук. Л. В. Дуинин-Барковский (ВНИИГиМ).

Глава II. Гидрологическая информация и прогнозы. Канд. геогр. наук. Н. Н. Аксарин, Е. И. Гирник (САРНИГМИ).

Глава III. Режим орошения сельскохозяйственных культур. Канд. сельхоз. наук В. Р. Шредер, канд. биол. наук В. Ф. Сафонов (Средазгипроводхлопок).

Глава IV. Водопользование. Канд. техн. наук Н. Т. Лактаев (САНИИРИ).

Глава V. Способы и техника полива сельскохозяйственных культур. Докт. сельхоз. наук С. М. Кривовяз (ТИИИМСХ).

Глава VI. Внутрипочвенное орошение. Канд. техн. наук Н. Р. Хамраев (Главсредазирсовхозстрой).

Глава VII. Потери воды на оросительных системах и меры борьбы по их сокращению. Докт. техн. наук А. А. Рачинский (ТИИИМСХ).

Глава VIII. Вопросы проектирования оросительной сети. Засл. ирригатор УзССР Б. Д. Сукерник (Узгипроводхоз).

Глава IX. Лотковые каналы. Канд. техн. наук В. А. Духовный (САНИИРИ), инж. К. А. Василькович (Джизакспецстрой).

Глава X. Оросительные трубопроводы и их арматура. Канд. техн. наук Г. А. Безбородов (САНИИРИ).

Глава XI. Водомеры и автоматы. Кандидаты техн. наук М. В. Бутырин, Н. Б. Хаммадов (САНИИРИ).

Глава XII. Автоматизация гидромелиоративных систем. Засл. ирригатор УзССР Д. И. Афонин (ММ и ВХ УзССР), инж. Л. М. Ярошецкий (САНИИРИ), канд. техн. наук В. И. Ус (ММ и ВХ УзССР), инж. А. Р. Мансуров, В. Э. Керро, Е. Я. Азрилевич (САНИИРИ).

Глава XIII. Этапы развития и перспективы переустройства гидромелиоративных систем. Канд. техн. наук Т. И. Дерлятка (САНИИРИ).

Глава XIV. Охрана водных ресурсов от загрязнения. Канд. техн. наук А. П. Орлова (САНИИРИ), засл. ирригатор УзССР Л. А. Ронин, инж. В. С. Левин (ММ и ВХ УзССР).

Глава XV. Водохранилища и гидроузлы. Коллектив (Средазэнергoproject, Средазгипроводхлопок, Узглавводстрой, САНИИРИ).

Глава XVI. Водозаборные узлы. Канд. техн. наук Р. А. Абдураупов (САНИИРИ), инж. С. К. Монаков (Средазгипроводхлопок).

Глава XVII. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. Канд. техн. наук Т. Г. Сагдиев (ВНИИ ВОДГЕО).

Глава XVIII. Руслловые процессы на реках. Член-корр. ВАСХНИЛ А. М. Мухамедов (САНИИРИ).

Глава XIX. Регулировочные и берегоукрепительные работы на реках. Инж. П. А. Бузунов (ТИИИМСХ), инж. К. Ш. Шаранов (САНИИРИ).

Глава XX. Насосные станции для орошения и дренажа. Инж. Я. А. Гехтман (ГИПРОРИС КазССР), засл. ирригатор УзССР Д. И. Афонин (ММ и ВХ УзССР).

Глава XXI. Вопросы проектирования мелиоративных мероприятий. Докт. техн. наук А. А. Рачинский, канд. техн. наук А. П. Вавилов (ТИИИМСХ).

Глава XXII. Горизонтальный дренаж. Кандидаты техн. наук Г. В. Еременко, Г. Е. Батурин, М. С. Меришенский (САНИИРИ), А. П. Вавилов (ТИИИМСХ), инж. О. Д. Величай (Сред-азгирипроводхлопок), инж. А. М. Сагиров, инж. Л. Л. Дженди (Главсредазирсовхозстрой).

Глава XXIII. Вертикальный дренаж в Узбекистане. Докт. техн. наук П. М. Решеткина, кандидаты техн. наук Х. И. Якубов, Х. А. Кадыров (САНИИРИ).

Глава XXIV. Промывные поливы засоленных земель. Докт. сельхоз. наук В. М. Легостаев, канд. сельхоз. наук А. Рамазанов (САНИИРИ).

Глава XXV. Капитальная промывка засоленных земель на фоне вертикального дренажа в Голодной степи. Канд. техн. наук В. С. Макарова (ВНИИГИМ).

Глава XXVI. Некоторые вопросы теоретического обоснования мелиорации засоленных земель. Канд. техн. наук И. П. Айдаров (МГМИ).

Глава XXVII. Организация водохозяйственного строительства и освоения земель в Узбекистане. Канд. техн. наук В. А. Духовный (Главсредазирсовхозстрой).

Глава XXVIII. Механизация в ирригационном строительстве и эксплуатации оросительных систем. Канд. техн. наук У. Ю. Пулатов (САНИИРИ).

Глава XXIX. Производство специальных работ в ирригации. Инж. В. В. Чернов (Узглавводстрой).

Глава XXX. Развитие промышленности строительных материалов и конструкций. Инж. П. Ф. Бойко (Минводхоз СССР), канд. техн. наук В. А. Духовный, инж. В. Я. Мовсиков (Главсредазирсовхозстрой).

Глава XXXI. Новые строительные материалы в ирригации. Кандидаты техн. наук Ш. М. Махмудов, А. А. Абдужабаров, инж. С. И. Котлик (САНИИРИ), инж. К. А. Василькович (Джизакспецстрой).

Глава XXXII. Планировка орошаемых земель. Инж. М. А. Ахмеджанов (САИМЭ), Л. К. Калинин (Голодноестепстрой).

Глава XXXIII. Задачи мелиоративной науки в усилении темпов развития народного хозяйства Узбекистана. Канд. техн. наук В. А. Духовный (Главсредазирсовхозстрой).

Глава XXXIV. Основные направления развития эксплуатации мелиоративных систем Узбекистана. Инженер А. Р. Рустамов (ММ и ВХ УзССР).

Том подготовлен в соответствии с программой, составленной Советом по изучению производительных сил Академии наук УзССР при участии академика АН УзССР и ВАСХНИЛ В. В. Пославского и канд. техн. наук В. А. Духовного. В подготовке и оформлении участвовали: от Совета по изучению производительных сил — чл.-корр. АН УзССР К. И. Бедрицев, засл. ирригатор УзССР А. В. Пугачев, канд. сельхоз. наук Д. М. Гавриленко, канд. экон. наук Э. Д. Рахимов, с. и. с. Б. А. Батунская; от САНИИРИ — канд. техн. наук А. А. Кадыров, В. А. Орлов, Н. Т. Пулатов, Г. Г. Валентини, Д. Х. Володина, Т. М. Шапошникова, А. Ш. Меркина.

Техническое оформление всех чертежей, а также фотосъемочные работы осуществлены Узгирипроводхозом, в котором была создана специальная группа в составе Т. П. Григорьевской (руководитель), П. Джамбайской, В. И. Сулова, М. И. Реснянской, Г. В. Ильяшенко и Л. А. Дудиной. Фотографии выполнены Э. М. Пенсоном.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ
И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Во многих странах мира возможности расширения орошаемых площадей ограничены из-за нехватки воды и подходящих для орошения земель. В связи с этим следует искать пути усовершенствования техники и технологии ирригации, повышения производительности труда при строительстве, эксплуатации ирригационных систем, а также увеличения эффективности сельскохозяйственного производства. Должны быть разработаны меры по более экономному и рациональному использованию водных ресурсов, вовлечению в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель, выявлению возможностей создания и использования новых источников пополнения водных ресурсов, предотвращению неблагоприятных воздействий на окружающую среду. Решение этих задач возможно лишь на основе достижений в области естественных наук — физики, химии, биологии, математики и других отраслей науки и техники.

Социальный прогресс большей части мира зависит от того, как успешно будут решены эти задачи. На них сосредоточены усилия ученых многих стран.

Результаты исследований по регулированию стока рек в водохранилищах, широкому использованию подземных вод на орошение, борьбе с потерями воды при подаче на орошение, совершенствованию техники полива, строительству дренажа на орошаемых землях, автоматизации управления оросительными системами позволяют получить ощутимый эффект в увеличении используемых водных ресурсов, уменьшении непроизводительных потерь, повышении эффективности сельскохозяйственного производства и производительности орошаемых земель. Широкое применение предлагаемых мероприятий на ирригационных системах позволит существенно повысить эффективность использования водных ресурсов. Однако необходимо учитывать, что при оценке результатов мелиоративных

мероприятий нельзя механически переносить опыт, полученный на отдельном участке, на большие территории и речные бассейны.

А. И. Костяков писал: «Практика осуществления водохозяйственных мероприятий в широком масштабе показала, что непосредственный перенос результатов исследований водного режима отдельных участков или эффективности работы отдельных элементов мелиоративной системы в решение вопросов регулирования водного режима больших территорий в ряде случаев приводит к ошибкам». Он доказал также, что задачи изменения водного режима больших территорий могут быть решены лишь на основе исследований теплового и водного балансов. Такие исследования получили большое развитие благодаря проведению пространственных наблюдений с помощью космических аппаратов.

Рассмотрим мероприятия, направленные на повышение эффективности ирригации.

Задача регулирования стока в водохранилищах состоит в том, чтобы сберечь воду в период избытка для периода недостатка, обеспечить полное использование стока для ирригационных и других нужд народного хозяйства. Однако на практике достичь этого невозможно по многим причинам. Во-первых, часто речной сток не является ни стационарной, ни случайной величиной и гипотеза эргодичности в отношении расчетов стока может быть применена лишь весьма условно. Во-вторых, потери на испарение и фильтрацию из водохранилищ увеличиваются экспоненциально с увеличением емкости и продолжительности периода регулирования, а степень зарегулированности стока, стремится к определенному пределу. Наконец, в-третьих, действительное потребление воды на орошение в большинстве случаев превышает расчетный сток. Обычно в проектах год высокой обеспеченности принимается равным 80—95%, однако в годы, близкие по водности к

средним, избытка стока не наблюдается, а переходящие запасы в водохранилищах, образующиеся в самые многоводные годы, нужно удерживать в ожидании маловодья на длительный период. Кроме того, в большинстве речных бассейнов в многоводные годы может эффективно использоваться значительно больше воды, чем предусматривается проектом, за счет введения повторных культур и дополнительного увлажнения неорошаемых территорий.

В результате полное многолетнее регулирование в речных бассейнах со значительным расходом воды для нужд ирригации, как правило, осуществить не удается, водохранилища остаются незаполненными длительное время. Наиболее характерный пример — водохранилище Теодора Рузвельта в бассейне р. Соленой (Аризона, США) емкостью 2,5 км³, которое со времени создания в 1903 г. ни разу не наполнялось даже на 50%. Аналогичные затруднения с заполнением водохранилищ многолетнего регулирования, предназначенных для ирригации, наблюдались во многих бассейнах, в том числе в бассейнах рек Средней Азии.

Снижение эффективности регулирования стока в водохранилищах в значительной степени обуславливается недостаточной достоверностью долгосрочных прогнозов стока, результатом чего являются преждевременные или чрезмерно запоздалые сработки водохранилища. В обоих случаях это приводит к понижению эффективности использования стока.

Как показал опыт создания Асуанского и других водохранилищ в засушливых районах мира, по мере увеличения степени зарегулированности эффективность существенно снижается. Поэтому при проектировании водохранилищ в аридных районах необходим тщательный анализ их эффективности. К сожалению, с повышением степени использования водных ресурсов и зарегулированности стока возможности надежной оценки эффективности уменьшаются. Это, в первую очередь, происходит из-за существенного изменения стока под влиянием антропогенных воздействий, изменения характера водопотребления и качества воды в водоемах.

Несмотря на то, что появились многочисленные новые методы водохозяйственных расчетов и мощные средства в виде быстродействующих ЭВМ, надежность расчетов существенно не повысилась. Дальнейшее усовершенствование методов расчета эффективности при проектировании регулирования стока

окажется возможным на основе новейших достижений науки и техники. К таким методам, по-видимому, можно отнести переход от статической оценки режима и размеров стока к параметрической, основанной на моделировании гидрологического цикла.

Построение модели гидрологического цикла, учитывающей трансформацию осадков и стока при изменении условий осадкообразования и формирования стока, позволяет получить результаты, подтверждаемые фактическими наблюдениями. Использование этой модели для ирригации существенно улучшит расчеты и прогнозы стока. Повышение надежности этой модели может быть обеспечено за счет включения гидродинамических моделей атмосферной циркуляции и данных о динамике снежного покрова, увлажнения и расходования влаги, получаемых с помощью дистанционных наблюдений из космоса. Регулярные спектрально-наблюдения с орбитальных спутников позволяют оценивать площади, занятые снежным покровом, в спектральном диапазоне 0,6—0,7 мкм, а также выделять площади таящего снега в ближнем инфракрасном диапазоне 0,8—1,1 мкм. Точность определения снеговой линии по данным космических наблюдений намного превышает точность любых других методов.

По сравнению с самолетными и наземными наблюдениями со спутника имеют много преимуществ. Резко возрастает фактор безопасности, исключаются несчастные случаи. Картирование распределения снега (например, с помощью данных, полученных со спутника «Ландшафт» I в США) оказывается в 6 раз быстрее, чем при высокополетной аэрофотосъемке, а стоимость карт снежного покрова примерно в 100—200 раз меньше стоимости простейших карт, полученных с помощью аэрофотосъемки. Картирование снежного покрова из космоса и его идентичность с картами, полученными обычными методами, подтверждены многочисленными исследованиями.

Подземные воды в оросительных целях используются с глубокой древности. В Средней Азии колоды и подземные галереи (кяризы) издавна служили источниками орошения. Однако широкое и планомерное использование подземных вод началось с появлением буровых скважин и насосов с вертикальным валом. Эти скважины первоначально назывались «калифорнийские колоды» в отличие от копаных колодцев, носивших название «абиссинских».

Создание системы водозаборных скважин

непосредственно на орошаемых землях позволило в ряде случаев при дешевых источниках энергии ввести в сельскохозяйственный оборот значительные площади орошаемых земель с минимальными капитальными затратами. Однако из-за чрезмерного использования подземных вод на орошение во многих районах было обнаружено истощение подземных горизонтов и вторжение соленых вод и водоносные горизонты.

Решающее значение при оценке возможностей широкого использования подземных вод на орошение имеет создание математических моделей водоносных горизонтов. Математические модели движения, регулирования и использования подземных вод разрабатываются на протяжении длительного времени. Работы П. Я. Полубариновой-Кочиной и ее учеников послужили основой для их развития и широкого практического применения.

Разработано множество цифровых программ моделирования с применением ЭВМ. Эти программы по сравнению с ранее применявшимися моделями имеют большие преимущества (снижены затраты времени, стоимость, повышены достоверность и точность).

Задача количественных методов в гидрогеологии — точное предсказание поведения водоносного пласта или бассейна подземных вод при различных внешних воздействиях. В США и других странах было создано довольно много жестких электроаналоговых моделей водоносных горизонтов речных бассейнов, позволявших решить задачи использования подземных вод. Однако из-за высокой стоимости и относительно малой точности модели этого вида не нашли широкого применения.

На смену им пришли цифровые модели, основанные на конечноразностной аппроксимации дифференциальных уравнений движения подземных вод. Модели воспроизводят поведение ограниченного или неограниченного бассейна подземных вод при откачке из скважин. Бассейн может быть неоднородным и иметь произвольную форму и переменный приток фильтрационных вод.

Цифровая модель позволяет решать задачи совместного использования подземных и поверхностных вод для ирригационных целей. Дело в том, что обычная методика подсчета эксплуатационных запасов подземных вод предусматривает целесообразность использования преимущественно динамических запасов с ограниченной сработкой статических или вековых запасов подземных вод. Такая методика справедлива для оценки запасов при непрерывной длительной откачке.

В условиях ирригационных систем, когда из-за колебаний водности источников и потребностей на орошение временами наблюдаются избытки, а временами недостатки воды, отбор подземных вод можно ограничить маловодными периодами. В этом случае можно было бы частично использовать и статические запасы при условии восполнения их в многоводные годы.

Совместное применение подземных и поверхностных вод в сочетании с регулированием в водохранилищах позволяет существенно повысить эффективность использования водных ресурсов. Например, разность стока по году 50%- и 90%-ной обеспеченности для основных бассейнов рек Средней Азии — Амударьи и Сырдарьи — составляет около 50 км³; при многолетнем регулировании в существующих и намечаемых водохранилищах можно использовать сток не более 80—85%-ной обеспеченности, а при заборе подземных вод из вековых запасов добиться использования стока 50%-ной обеспеченности.

Борьба с потерями на фильтрацию — одно из наиболее важных мероприятий по повышению эффективности водопользования в ирригации. Многие считают, что КПД современных ирригационных систем чрезвычайно низкий, только за счет повышения его можно оросить дополнительно миллионы гектаров новых земель. Однако при этом, по-видимому, не учитывается, что вода, теряющаяся на фильтрацию из каналов ирригационных систем, в большинстве случаев вновь поступает в речную систему в виде выклинивающихся возвратных или дренажных вод. Поэтому уменьшение потерь на фильтрацию не всегда влечет за собой пополнение водных ресурсов в эквивалентном объеме. Разумеется, отсюда не следует, что борьба с потерями воды на фильтрацию из оросительных каналов бессмысленна.

Уменьшение потерь на фильтрацию из оросительных каналов имеет во многих случаях важное положительное значение для отдельных участков и даже целых оросительных систем, особенно в тех случаях, когда фильтрующаяся вода не может быть использована вследствие повышенной минерализации подземных вод или когда потери на фильтрацию ухудшают мелиоративное состояние земель, вызывая заболачивание и засоление. В горных районах при недостатке воды в источнике уменьшение фильтрации представляет единственную возможность повышения водообеспеченности. Облицовка каналов водонепрони-

цаемой «одеждой» имеет также большое значение в борьбе с зарастанием каналов.

Совершенствование техники полива очень важно для повышения производительности труда. Механизация процессов обработки хлопчатника и других пропашных культур была бы невозможна, если бы не был осуществлен переход от джоячного орошения к орошению по бороздам. Переход от полива затоплением к бороздковому при малых уклонах не давал существенного преимущества в отношении расхода воды на полях.

Большая экономия воды достигается при дождевании. За последние годы оно стало распространяться все шире; во всех странах мира площадь, орошаемая дождеванием, уже превышает 5 млн. га, т. е. составляет около 2% от общей орошаемой площади (Framji, Mahajan, 1969).

Дождевание применяется преимущественно в районах неустойчивого увлажнения, периодически страдающих от засух. Это объясняется тем, что при поливе таким способом можно ограничиться малым объемом воды, что особенно важно, когда орошение является не основным источником увлажнения, как в аридных странах, а дополнительным. Кроме того, при поливе дождеванием все оборудование можно легко демонтировать, устранить препятствия для обработки, а оборудование сохранить от порчи. Наконец, в условиях неустойчивого увлажнения дождевание при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах способствует сохранению урожая во время засух. В условиях аридной зоны дождевание может способствовать сокращению поливных и оросительных норм лишь на песчаных почвах и при неглубоком залегании грунтовых вод.

На глинистых почвах в условиях аридных районов необходимость увеличения оросительных норм при поливе дождеванием подтверждается данными, полученными при изучении водного баланса. Однако орошение дождеванием допускает полную механизацию и автоматизацию, поэтому оно может оказаться приемлемым и в условиях аридных районов в определенных почвенных и гидрогеологических условиях.

Подземное и внутрипочвенное орошение, в том числе так называемое капельное, находящееся пока на стадии испытаний, может оказаться эффективным как с точки зрения производительности труда, так и с точки зрения экономии воды.

Использование дренажных вод для орошения требует осторожного подхода. Населе-

ние орошаемых районов считает дренажную воду, как правило, непригодной для орошения без значительного разбавления свежей речной водой.

Пригодность дренажной воды и необходимая степень разбавления требуют специальных исследований. Природа изменения химического состава воды в процессе использования на орошаемых полях зависит от многих взаимосвязанных элементов системы почва — вода, в том числе от физических свойств почвы, ее химического состава, конструкции дренажных систем, видов сельскохозяйственных культур, удобрений, техники и режима поливов.

Система почва — вода весьма сложна. Чтобы понять происходящие в ней процессы, исследователи обычно разделяют эту систему на отдельные элементы. Для выявления взаимосвязи между ними важно, чтобы элементы были рассмотрены и в их совокупности. Для получения количественных показателей прогноза воды может быть использована модель системы почва — вода, воспроизводящая физико-химические процессы в этой системе. Такая модель, конечно, не может давать абсолютно точных результатов, так как при опытах (для упрощения) вследствие недостаточного знания процессов допускаются приближения и предположения; кроме того, для такой модели получить исходные данные в нужном объеме затруднительно. Однако, несмотря на эти ограничения, указанная модель — важное средство для оценки влияния ирригации на окружающую среду при проектировании и эксплуатации систем.

Разработанная модель состоит из следующих блоков: режима орошения, течения в ненасыщенной среде, химического взаимодействия, химии ненасыщенной среды, течения в насыщенной среде, химии насыщенной среды, определения размеров дренажного стока, прогноза качества дренажного стока. На основе модели производится расчет содержания в дренажном стоке нитратов, аммиака, кальция, натрия, магния, бикарбонатов, хлоридов, карбонатов и сульфатов.

Моделирование выполняется на основе проекта дренажа, сведений о физической характеристике почвы и грунтов, анализе почв, составе севооборота, культурах, режиме орошения, удобрениях, минерализации оросительной воды и температуре почв.

Для решения вопроса о возможности сброса дренажных вод в речную сеть с использованием их нужно иметь данные о химическом составе воды в речной сети. В некоторых слу-

чаях может оказаться необходимым сбрасывание дренажной воды в специальные водоприемники для последующего испарения.

Автоматизация управления оросительными системами играет существенную роль в повышении эффективности ирригации. Решение данной задачи осложняется тем, что существующие конструкции ирригационных сооружений не всегда приспособлены для автоматизации и требуют коренной переделки. Надо отметить, что пока не найдено надежных и эффективных решений по автоматизации управления ирригационными системами. Причинами этого являются тесная зависимость управления ирригационными системами от факторов, имеющих стохастическую природу, затрудненность передачи управляющих воздействий на многочисленные разобщенные объекты управления и отсутствие источников энергии в пунктах управления. Если преодоление затруднений, связанных с передачей управляющих воздействий и отсутствием энергии в пунктах управления представляется технически возможным, то задача сбора и обработки исходной информации о стохастически изменяющихся факторах пока не решена.

Не разработаны надежные средства пространственного прогнозирования потребности в поливах в зависимости от погодных условий, состояния растений и увлажнения почв. Нет также надежных методов прогнозирования водности источников нужной заблаговременности.

На решение этих вопросов и должны быть направлены усилия исследователей, при этом вопрос о пространственной и временной интерпретации гидрометеорологических точечных наблюдений играет главную роль. От его изученности в основном и будет зависеть решение всей задачи автоматизации управления орошением.

Попытки получить автоматически информацию о состоянии увлажнения полей с помощью наземных датчиков потерпели неудачу, так как точечное измерение влажности не может автоматически распространяться на пространство. Установление же большого количества датчиков влажности сильно затруднило бы обработку и анализ их показаний. Поэтому в качестве первичных датчиков потребности дополнительного увлажнения, даже в условиях теплицы, оказалось целесообразным использовать такне, которые дают возможность судить о степени влажности по состоянию растения, в частности по температуре листовой поверхности. Однако такой метод неприменим в полевых условиях. Наблюдение

за поведением растений в условиях недостаточного увлажнения показали, что внешние признаки недостатка влаги проявляются наиболее отчетливо в изменении отражения листовым покровом солнечной радиации и в его тепловом излучении. Эти показатели могут фиксироваться дистанционно путем измерения интенсивности излучения в различных спектрах электромагнитных волн.

Исследование возможностей дистанционной оценки состояния посевов и насаждений показало, что одной из областей наиболее раннего применения техники дистанционного определения теплового и водного балансов может оказаться управление орошением.

На основании этого краткого обзора можно утверждать, что рациональное использование водных ресурсов позволит существенно повысить производительность ирригационных систем, уменьшить непроизводительные потери воды при поливах.

Целесообразно рассмотреть вероятные направления технического прогресса для принятия дальнейших решений в области развития и совершенствования ирригации. Среди возможных направлений следует в первую очередь выделить следующие:

- использование минерализованных вод,
- орошение песчаных пустынь,
- управление переносом влаги в атмосфере,
- использование ядерной энергии,
- орошение с замкнутым круговоротом воды,
- использование космических средств для управления водными системами.

В ряде районов пустынных территорий Средней Азии минерализованные воды издавна служили единственным источником орошения. Один из характерных примеров — Карлукский оазис в предгорьях Кугитангтау, где орошение земель, занятых под хлопчатник, производится водой, содержащей до 8 г/л хлоридов и сульфатов. Попытки использовать на орошение и более высокоминерализованные воды, вплоть до морских, предпринимались неоднократно, но в небольшом масштабе. До сих пор не накоплено достаточно данных по опреснению минерализованных вод, используемых для орошения. Интенсивные опыты использования океанической воды с минерализацией до 36 г/л, проводившиеся в ряде стран, также не дали ожидаемых положительных результатов. Пока трудно говорить о широком использовании минерализованных вод на орошение.

В условиях аридных районов СССР — Средней Азии и Казахстана — минерализованные воды представлены либо крупными

бессточными озерами Каспийским, Аральским, Балхашем, Иссык-Кулем и возникшими недавно Сарыкамышем и Арнасаяем (они имеют сравнительно невысокую, но достаточно устойчивую и равномерную минерализацию), либо подземными водами, отличающимися весьма пестрой минерализацией. Кроме того, в связи со строительством дренажа на вновь осваиваемых землях в низменных пустынных районах появляется значительное количество сильноминерализованных дренажных вод, спуск которых в реки без надлежащего разбавления недопустим.

Использование минерализованных вод бессточных озер, по-видимому, может оказаться наиболее эффективным для освоения прилегающих к их берегам песчаных пустынных территорий с целью создания кормовой базы животноводства. Если бы удалось при орошении минерализованными озерными водами выращивать корма, то это в значительной мере разрешило бы проблему кормоводства, поскольку климатические условия значительной части аридной зоны позволяют выращивать кормовые культуры и травы в течение круглого года. Создание зеленого пояса на песчаных пространствах по берегам бессточных озер поможет предотвратить предполагаемые неблагоприятные последствия снижения уровней озер, в частности влияние на влагооборот и развешивание солей.

Археологические данные свидетельствуют о том, что минерализованные озерные воды некогда использовались для орошения достаточно интенсивно (Толстов, 1962). Первые результаты орошения водами Каспийского моря на Кавказском побережье и на восточном берегу дают основание надеяться на успех этого мероприятия.

Для северной части пустынной зоны, где в зимний период регулярно наступают морозы, может оказаться эффективным зимний полив с опреснением вод за счет естественного замораживания. Этот метод разработан и проверен Институтом географии АН СССР и Институтом пустынь АН ТуркмССР по инициативе С. Ю. Геллера. Данный метод целесообразно также применять при использовании минерализованных подземных вод.

Исследования показали, что эффективность использования минерализованных вод на орошение зависит в основном от состава солей и соотношения различных элементов в растворе. В отличие от минерализованных озерных и морских вод, имеющих сравнительно однородный состав в пределах каждого водоема (хотя степень минерализации вод и

изменяется внутри водоема), состав подземных вод существенно меняется по площади как по составу солей, так и по степени минерализации. Поэтому исследования по использованию подземных вод на орошение должны сопровождаться тщательным изучением состава и распределения солей.

Использование дренажных вод на орошение может сыграть особенно большую роль в предохранении водотоков от химического загрязнения и евтрофирования. Дренажные воды, помимо вредных для растений солей, вымываемых в процессе промывок и поливов, всегда содержат большое количество химических удобрений и ядохимикатов. Вредные соли, попадая в водоемы, вызывают насыщение биогенными элементами, создающими условия для евтрофирования, а удобрения и ядохимикаты заражают экосистему токсическими веществами. В процессе орошения дренажными водами для выращивания урожаев будут использоваться вымытые из почвы минеральные удобрения, уменьшится количество попадающих в водоемы вредных солей и ядохимикатов. Однако на землях, орошаемых дренажными водами, может происходить их накопление. Поэтому решить вопрос о целесообразности использования на орошение дренажных вод можно только на основании длительного изучения процесса накопления вредных веществ в почве и подземных водах и их влияния на окружающую среду.

Наиболее безопасно было бы использовать дренажные воды после опреснения или сильного разбавления неминерализованной водой. Но существующие методы опреснения, из которых наиболее эффективна дистилляция, слишком дороги и энергоемки. Возможности же разбавления дренажных вод с повышенным зарегулированности стока и интенсификации их использования на орошение все более и более ограничиваются.

Несмотря на указанные затруднения, необходимо продолжать поиски путей повторного использования дренажных вод на орошение.

Орошение песчаных пустынь в более или менее широком масштабе еще недавно считалось нецелесообразным, однако опыт освоения внутриозисных песчаных массивов в Хорезме, Бухаре и Ферганской долине, а также песчаных пустынь в Северной Африке показал, что современная техника позволяет эффективно использовать песчаные пустыни для орошаемого земледелия.

Исследования Института пустынь АН ТуркмССР (Бабаев и др., 1975) по орошению барханых песков на Каракумском канале

дали весьма обнадеживающие результаты. Успешно выращиваются на песках такие культуры, как сорго, кукуруза, бобовые, люцерновые, причем затраты воды на поливы в 1,5—2 раза меньше, чем на глинистых почвах. Можно считать установленным, что при определенной конструкции ирригационных систем и поливе дождеванием на выращивание большого ассортимента кормовых культур воды потребуется в 2—3 раза меньше, чем на глинистых почвах. Затраты на строительство ирригационных систем могут оказаться даже несколько меньшими, чем при орошении глинистых аллювиальных равнин в пустынной зоне.

По конструкции ирригационные системы в песчаных пустынях должны отличаться от обычных. Вода по поливным участкам может распределяться только с помощью трубопроводов. Сложный рельеф и невозможность выполнения планировочных работ до подачи воды не позволяют распределять воду между поливными участками по открытым каналам. Сам полив на песках может производиться с помощью дождевальных установок.

Возделывание сельскохозяйственных культур на песках в течение первых нескольких лет не требует ни вспашки, ни культивации. Минеральные удобрения вносятся с поливной водой. Процесс сельскохозяйственных работ при использовании песчаных территорий сводится к посеву и уборке урожая.

Вследствие высокой проницаемости, слабой водоудерживающей способности и практически полного отсутствия капиллярных сил в песках полив сельскохозяйственных культур производится малыми нормами, преимущественно в ночное время, когда испарение с поверхности почвы незначительно. Оросительная вода почти полностью используется растением. Этим и объясняется то, казалось бы, парадоксальное явление, что для орошения сельскохозяйственных культур на песках требуется значительно меньше воды, чем на глинистых почвах. В то же время, поскольку грунтовые воды в песчаных пустынях залегают, как правило, на большой глубине, а соли из корнеобитаемого слоя, вымытые при поливах, не будут подниматься капиллярными токами, по-видимому, не потребуется искусственного дренажа даже в далеком будущем.

Таким образом, орошение песчаных пустынь позволит значительно повысить эффективность использования воды, что коренным образом преобразит облик пустынь и предотвратит их вредное воздействие на прилегающие земли.

Управление переносом влаги в атмосфере можно считать одним из самых эффективных путей обогащения водными ресурсами аридных территорий, прилегающих к горным массивам, таким как Средняя Азия и Южный Казахстан. Многочисленные опыты и разработки, проводившиеся в СССР, США, Австралии, Индии, Франции и других странах, показали высокую эффективность воздействия на переохлажденные орографические облачные системы с целью вызывания осадков. Технические приемы и реагенты для создания ядер конденсации хорошо разработаны и получили применение в производственных условиях для борьбы с градом и рассеивания облачности над аэропортами. Использование этих методов может также оказаться весьма эффективным для увеличения выпадения осадков в горных районах. По данным экспериментов, в горных районах с помощью искусственного воздействия на облачные системы может быть обеспечено осаждение влаги в количестве до 20% всей содержащейся в облаках.

Расчеты по данным шаропилотных станций показывают, что над горными территориями Средней Азии и Южного Казахстана проносится количество влаги, равное речному стоку половины территории СССР. Только 10% этого количества было бы достаточно, чтобы увеличить сток рек в 2 раза. Таким образом, управление переносом влаги в атмосфере может оказаться наиболее эффективным мероприятием для развития ирригации.

По масштабам ежегодных эксплуатационных затрат воздействие на облачные системы не представит ничего исключительного. Даже при использовании для этой цели самолетов (наиболее дорогой способ доставки и рассеивания реагентов) площадь нужной обработки облачных систем будет в несколько раз меньше ежегодно обрабатываемой с помощью самолетов площади сельскохозяйственных угодий.

При других способах доставки (наземные баллоны, артиллерия, ракеты) стоимость выполняемых работ будет более низкой. При использовании стационарных высоконапорных распылителей воды эксплуатационные затраты снизятся еще больше.

Однако на этом пути возникают некоторые трудности, наиболее существенные из них — необходимость обеспечения непрерывного наблюдения за накоплением осадков при искусственном воздействии, предупреждения катастрофических последствий чрезмерного накопления и быстрого таяния снега на водо-

сбросах. Первая из этих трудностей может быть преодолена с помощью дистанционных наблюдений с орбитальных спутников. Для преодоления второй потребуются специальные исследования. Одна из мер борьбы — создание водохранилищ, способных удержать талые воды.

Водоохранилища должны создаваться в горах и иметь достаточные емкости. Строительство таких водохранилищ при минимальных затратах может быть обеспечено с помощью плотин, возводимых направленным взрывом. Успешный опыт сооружения высоких плотин направленным взрывом в урочище Медо для предохранения Алма-Аты от селевых потоков и на р. Вахше в урочище Байпазы для нужд ирригации и энергетики, а также опытной плотины на одном из притоков р. Нарына позволяет считать, что строительство плотин таким методом может получить широкое применение при регулировании стока в горных районах, особенно в связи с искусственным воздействием на облачные системы. Дальнейшие исследования позволят найти практически приемлемые решения по управлению переносом влаги в атмосфере.

Использование ядерной энергии в мирных целях — важнейшая задача технического прогресса. Роль атомной энергии в жизни человечества непрерывно возрастает. Значительная доля электроэнергии вырабатывается атомными электростанциями (АЭС), атомная энергия широко используется в судоходстве, медицине, сельском хозяйстве и других отраслях. Однако широкие возможности использования атомной энергии для обеспечения нужд человечества водой пока остаются неиспользованными, если не считать опытов по использованию отходящего тепла атомных электростанций для опреснения морских вод. Но и эти возможности пока не изучены и не рассмотрены для конкретных условий нашей страны.

АЭС в процессе работы выделяют большое количество тепла, рассеиваемое водяными охладителями. Конструкция охладителей должна быть такой, чтобы в процессе охлаждения опреснение воды происходило в значительных количествах. Такие охладители уже прошли успешную производственную проверку в стране и за рубежом. Таким образом, если разместить серию АЭС на берегах морей или на пути возможной переброски морских вод из Черного и Азовского морей в Каспий, то использование охладителей для опреснения позволило бы в значительной мере пополнить запасы пресных вод в ряде районов, нуждаю-

щихся в дополнительных водных ресурсах. Таким образом, задача развития атомной энергетики могла бы решаться одновременно с задачей обеспечения водой.

Другое возможное направление использования атомной энергии — атомные взрывы. Они могут применяться при возведении плотин в узких горных ущельях, что особенно важно для создания регулирующих водохранилищ при искусственном стимулировании осадков в горных районах.

Создание плотин направленным атомным взрывом затруднено выбором подходящего объекта. Кроме того, придется существенно изменить конструкцию водопропускных сооружений и технологию их возведения, что также требует специальных исследований.

Вместе с тем с помощью подземных атомных взрывов могут быть созданы полости для использования при неглубоком заложении в качестве резервуаров воды, а при заложении на большую глубину — в качестве приемника для захоронения не нуждающихся в очистке загрязнений и опреснения дренажных вод. Эффективность последнего мероприятия подтверждается тем фактором, что одна скважина, заложённая на глубину, где постоянная температура превышает 150—200°C, т. е. примерно на 2,5—3 тыс. м, обеспечивала бы опреснение сильноминерализованных и загрязненных ядохимикатами дренажных вод с площади в несколько сот тысяч гектаров. Безусловно, для решения такой задачи нужны целеустремленные исследования, что требует длительного времени.

Аспекты использования космических средств для управления водными ресурсами пока недостаточно изучены.

Внимание многих исследователей привлекают проблемы изучения водных ресурсов с помощью дистанционных наблюдений. Методы и технические приемы дистанционных наблюдений достаточно разработаны и уже могут найти широкое применение в количественной и качественной оценке поверхностных, подземных и почвенных вод.

Пока лишь немногие результаты могут использоваться для решения практических задач управления водными ресурсами. Это исследования снежного покрова, оценка дождевого стока с водосборов в аридной зоне, определение площадей затопления паводковыми водами и обнаружение загрязнений в водоемах. Кроме того, до практического применения доведены исследования растительного покрова и оценка сельскохозяйственных угодий (Дунин-Барковский, 1976).

Широко проводимые исследования позволяют считать, что в ближайшие годы будет обеспечена возможность создания постоянно действующей системы дистанционных наблюдений, дающих информацию для управления водными ресурсами. Оценка водных ресурсов состоит в определении отдельных составляющих гидрологического цикла.

Гидрологические процессы, представляющие пространственно-временные явления, измерялись в отдельных точках, стохастически разбросанных по площади. Уже появляется возможность проводить регулярные наблюдения больших территорий путем дистанционного зондирования с орбитальных спутников и в то же время получить данные по точечным измерениям.

Назовем некоторые области использования дистанционно получаемых данных при изучении водных ресурсов: информация о геометрических формах, размерах, видах, географическом распространении и распределении водных объектов, количественный анализ водосборных бассейнов и русловой сети, географическое размещение разломов, сбросов и прочих линейных элементов, корреляция между точечными измерениями на земле и некоторыми свойствами дистанционно собираемых данных. Например, плотность спектральных полос для экстраполяции наземных данных во времени и пространстве. По разности плотности в различных спектральных полосах при мультиспектральном сканировании можно картировать глубину воды в водотоках и водоемах.

Дистанционное зондирование представляет новый технический прием измерений в гидрологии. К гидрологическим измерениям, которые, по-видимому, в ближайшее время окажутся возможными, относятся эвапотранспирация, транспирация, перехват влаги растительным покровом, почвенная влажность, физические свойства воды, химические свойства, расположение русловой сети, оценка и предотвращение загрязнений, определение глубины залегания грунтовых вод, определение запасов воды в снеге, картирование нарушений земной карты. Все это позволит получить большое количество информации для управления водными ресурсами. Использование дистанционного зондирования для управления водными

ресурсами потребует проведения комплекса космических, самолетных и наземных исследований, рассчитанных на длительный период.

Орошение с замкнутым круговоротом воды, строго говоря, не является принципиально новым. Оно с успехом может воспроизводиться в условиях теплицы. Однако для безводных районов такое орошение служит существенным резервом для повышения эффективности использования воды. Идея этого метода заключается в том, что вода, испаряемая в процессе транспирации растениями, конденсируется и возвращается обратно в почву.

Экспериментальные установки конденсационного орошения существуют на опытном участке Аризонского университета (г. Тусон) в пустыне Сонара. На этих установках выращиваются богатые урожан овощи, трав и других сельскохозяйственных культур практически без добавления оросительной воды. Однако регулирование температуры и влажности внутри установок — сложная система, разработка которой требует длительных исследований. Хотя затраты на такие установки и высоки, однако при интенсивном использовании и высокой стоимости обеспечения водой они могут экономически оправдываться.

Учитывая ограниченность возможностей обеспечения водой аридных земель нашей страны, целесообразно развернуть исследования по использованию круговорота воды при орошении, с тем чтобы оценить возможности этого метода на практике.

Рассмотренные возможные пути технического прогресса могут служить достаточным основанием для организации научных исследований, результаты которых позволят решить вопрос о порядке и сроках осуществления мероприятий по улучшению использования водных ресурсов.

Нет сомнения в том, что природные ресурсы юго-восточных районов Средней Азии и Казахстана таят в себе неисчерпаемые богатства. Рациональное и эффективное использование их возможно лишь при непрерывном прогрессе в использовании земельных и водных ресурсов орошаемых оазисов. На решении этих задач и должно быть сосредоточено внимание исследователей и практиков.

Существенную роль в развитии ирригации и оперативном проведении водохозяйственных мероприятий играет служба гидрологических прогнозов и информации.

Данные о режиме водных источников ложатся в основу гидрологических расчетов при проектировании водохозяйственных и гидрэнергетических сооружений. Они необходимы при разработке схем комплексного использования водных ресурсов, составлении водохозяйственных балансов, планировании сельскохозяйственного производства и ирригационного строительства, оперативном планировании использования водных ресурсов текущего года.

Особенно большое значение гидрологическая информация и прогнозы имеют при резких аномалиях в режиме природных вод. Своевременное предупреждение дает возможность принять необходимые меры по защите населенных пунктов, промышленных предприятий и водохозяйственных сооружений от паводков или изыскать дополнительные ресурсы при маловодье.

Основной источник получения информации о гидрологическом состоянии рек, озер, морей и водохранилищ — Гидрометеорологическая служба, которая располагает большой сетью постов, станций и обсерваторий.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ

Гидрологические работы в Средней Азии начаты с 50-х годов прошлого столетия, когда А. И. Бутаков произвел инструментальную съемку Аральского моря и устьевых участков Амударьи и Сырдарьи. Затем Русское географическое общество и Министерство путей сообщения организовали экспедиции, которые возглавляли П. П. Семенов-Тянь-Шанский (1856—1957 гг.), Н. Г. Столетов

(1874 г.), А. А. Тилло (1874 г.), А. И. Глуховский (1879—1883 гг.), Л. С. Берг (1900—1902 гг.). Проведены гидрографические исследования Аральского моря, оз. Иссык-Куля, Амударьи и Сырдарьи, сделаны инструментальные съемки и нивелировки, произведены первые гидрометрические работы на Амударье. Результаты этих исследований большей частью опубликованы в изданиях Русского географического общества. Они сыграли важную роль в изучении водных объектов.

Первые гидрологические посты организованы на Амударье (1873—1875 гг.), Сырдарье (1874 г.), Акбуре (1881 г.), Карадарье (1893 г.). Наблюдения в этот период велись в основном за уровнем воды и были кратковременными, расходы измерялись редко.

Систематическое изучение рек Средней Азии началось с 1910 г., когда в Ташкенте была организована Гидрометрическая часть при управлении земледелия и государственных имуществ Туркестанского края. Под руководством известного гидролога В. Г. Глушковой проведена большая работа по систематизации и упорядочению гидрологических наблюдений, расширена сеть станций и постов, созданы методы и приборы для измерения расходов воды, взвешенных наносов, осадков, обработаны и опубликованы данные о гидрологическом режиме рек Средней Азии. Гидрометрическая часть располагала лабораторией для химических и механических анализов воды, наносов и грунтов и гидравлической станцией для тарирования гидрометрических вертушек.

К 1917 г. Гидрометрическая часть имела в Средней Азии 114 постов на 56 реках. Эта малочисленная гидрологическая сеть вела гидрометрические исследования на основных реках Средней Азии — Амударье, Сырдарье, Зарафшане, Чу, Сохе и др. Результаты наблюдений за режимом рек этого периода опубликованы в отчетах Гидрометрической части,

которые не утратили значения и в наше время.

Работавший в этот период в Средней Азии крупный ученый Э. М. Ольдекол сыграл выдающуюся роль в развитии отечественной гидрологии. Под его руководством проводились исследования физических процессов, влияющих на водоносность рек Средней Азии. На основе установленной им зависимости летних расходов воды рек от количества зимних осадков он дал (1917 г.) первый качественный прогноз летних расходов воды по некоторым рекам Средней Азии, однако систематический выпуск гидрологических прогнозов не был налажен.

В гражданскую войну многие метеорологические станции и гидрометрические посты прекратили работу, малочисленная гидрометеорологическая сеть пришла в упадок.

Одним из первых мероприятий Советского правительства было объединение многочисленных метеорологических служб в одну, подчиненную Главной физической обсерватории (ныне Главная ордена Трудового Красного Знамени геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова). С этой целью в июне 1921 г. Совет Народных Комиссаров издал декрет «Об организации метеорологической службы в РСФСР», подписанный В. И. Лениным. В Средней Азии (в Ташкенте) был основан Туркестанский метеорологический институт (Туркмет), преобразованный в 1926 г. в Среднеазиатский метеорологический институт (Средазмет). В это же время в республиках Средней Азии были организованы метеорологические бюро.

В период 1921—1929 гг. под руководством Л. К. Давыдова была создана служба гидрологических прогнозов, разработана схема организации метеорологических наблюдений в горных районах Средней Азии (частично осуществлена), открыта первая в Средней Азии высокогорная метеорологическая обсерватория в истоках р. Большого Нарына на высоте 3672 м над ур. м. Так началось развитие гидрометеорологической сети в высокогорных районах Средней Азии. Большой вклад в изучение режимов таяния ледников и горных рек внес Н. Л. Корженевский.

В задачу гидрометеорологических станций, помимо обычных метеорологических наблюдений, проводимых по стандартным программам, входили маршрутные снегомерные съемки, наблюдения над осадками (по суммарным осадкомерам), состоянии ледников и другие исследования, связанные с учетом накопления и расходования осадков (рис. 1).

В 1929 г. Совет Народных Комиссаров СССР принял решение об объединении гидрологических служб и создал единую государственную Гидрометеорологическую службу. В республиках Средней Азии были организованы гидрометеорологические комитеты и создан общий гидрометеорологический комитет Средней Азии, который впоследствии стал называться Управлением гидрометслужбы Узбекской ССР. Из него в 1936 г. выделились в республиках Средней Азии самостоятельные управления гидрометслужбы.

Основные задачи гидрометеорологической службы Узбекской ССР — систематические наблюдения над метеорологическими явлениями, режимом рек, озер, Аральского моря, создание справочных пособий по климату, разработка кадастра вод суши, обеспечение народного хозяйства прогнозами, информацией и предупреждение об опасных явлениях погоды и режима рек.

На территории Узбекской ССР функционирует весьма разветвленная, технически оснащенная и хорошо организованная гидрометеорологическая служба. В ее состав входит 98 гидрометеорологических станций, 196 постов, 3 обсерватории, 4 аэрологические станции с радиолокационными установками «Метеорит», 18 авиационных метеорологических станций (АМСГ), пункт приема метеорологической информации с искусственных спутников Земли, десятки узлов связи для сбора и передачи гидрометеорологической информации, сотни автоматических и дистанционных приборов, предназначенных для непрерывной регистрации метеорологических и гидрологических данных.

В Ташкенте организован крупный Среднеазиатский региональный научно-исследовательский институт (САРИНГМИ) со Среднеазиатским вычислительным центром (САРВЦ) и Ташкентским зональным центром связи (ТЗРМЦ). С увеличением объема гидрометеорологической информации с сети наблюдательных станций для оперативности и надежности получения, обмена данными между прогностическими подразделениями и доведения информации до заинтересованных органов с 1976 г. действует автоматизированная система передачи данных (АСПД) на базе комплекса аппаратуры «Погода».

САРИНГМИ ежедневно готовит для оперативных органов гидрометслужбы Средней Азии прогностические материалы, возглавляет и координирует научные и методические работы в области гидрометеорологии, обеспечивает гидрометеорологическими сведениями

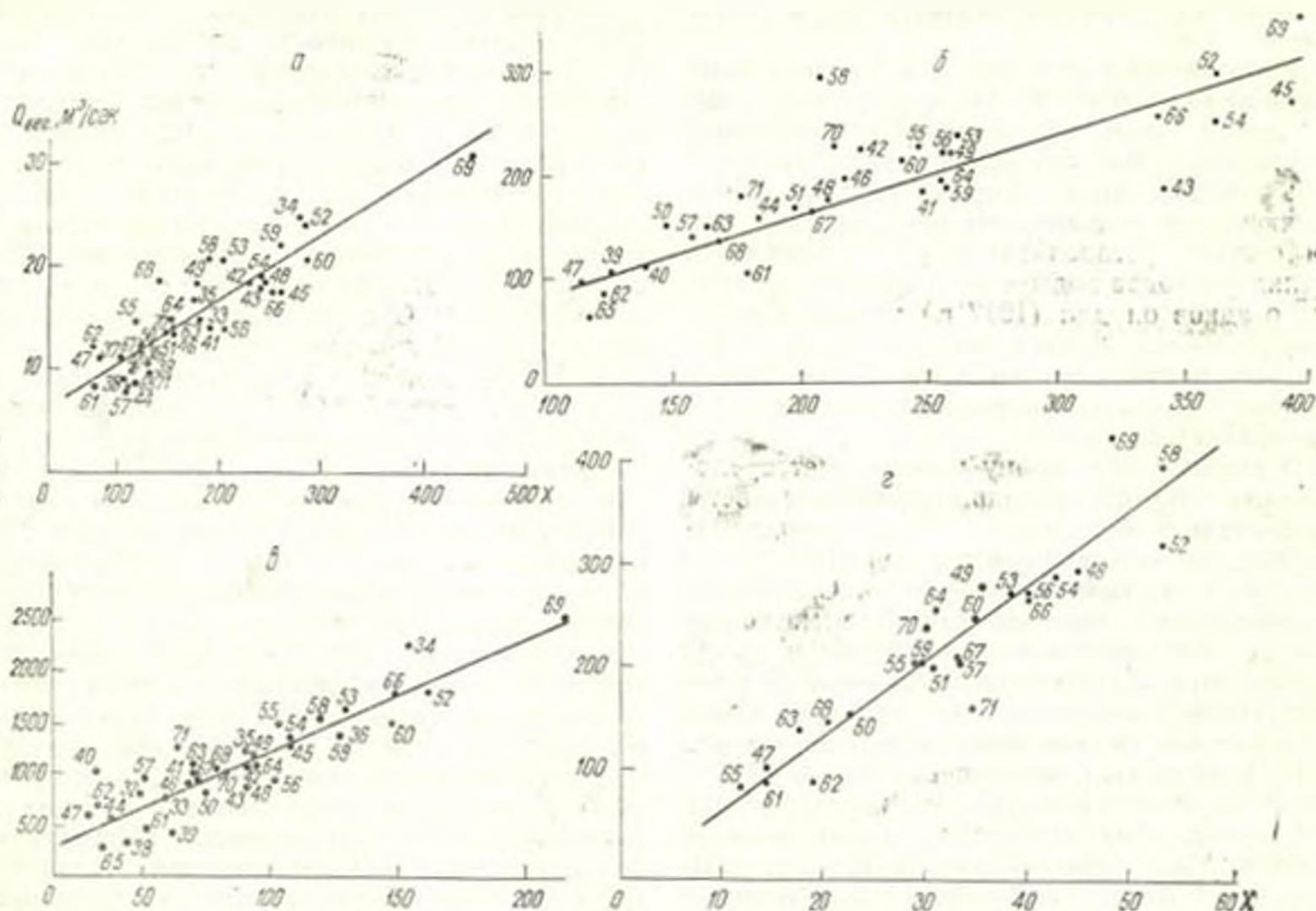


Рис. 1. Графики зависимости расходов воды в реках от различных факторов:

а — среднего расхода воды за период ($Q_{\text{ср}}$) по Кассансаю от сумм осадков за октябрь—март, умноженной на величину площади, покрытой снегом на 1 апреля (X); б — по Карадарья от среднемесячной суммы осадков за октябрь—март по 9 станциям (X); в — среднего расхода воды Сырдарья за июль от среднего расхода воды с 1 апреля по 20 мая, деленного на среднюю температуру воздуха за тот же период (X); г — среднего расхода воды Карадарья за июль от сумм осадков с 1 октября по 20 июня, деленной на среднюю температуру воздуха с 1 мая по 20 июня (X). Цифры около точек — годы наблюдений.

различные органы народного хозяйства Узбекистана.

В системе Всемирной службы погоды институт служит региональным метеорологическим центром, оперативные прогностические данные которого широко используются Пакистаном, Афганистаном и другими странами Средней и Центральной Азии.

Систематические сведения о состоянии рек и других водных объектов получают от гидрометеорологических станций и постов (табл. 1), где по единой программе ведутся наблюдения за следующими основными факторами: уровнем, расходом (на реках) и температурой воды, волнением (на озерах, морях, водохранилищах), ледовыми явлениями (забереги, сало, шугоход, ледостав, подвижка льда, ледоход, вскрытие, заторы, зажоры и т. д.), взвешенными наносами и донными отложениями, химическим составом воды, загрязнением поверхностных вод промышленными,

хозяйственно-бытовыми и сбросными водами сельскохозяйственных угодий.

Уровень воды на постах измеряется не реже раза в сутки. В период резких подъемов или спадов воды (паводки, попуски из водохранилищ) количество наблюдений увеличивается до 4—8 в сутки, на многих реках уровень воды непрерывно регистрируется самопишущими приборами.

Наиболее сложный и трудоемкий вид гидрометрических наблюдений — измерение расходов воды, особенно на больших реках, а также на горных с быстрыми деформациями русла, что снижает точность измерений. Расходы воды на гидрометрических створах, как правило, измеряются с использованием гидрометрической вертушки. В небольших реках и каналах расходы измеряются с помощью дистанционных установок ГР-70 и ГР-64, значительно облегчающих труд гидрометра.

Таблица 1

Развитие наблюдательно-гидрометеорологической сети в бассейнах рек Амударья и Сырдарья

Бассейн реки, озера	Количество постов, воздушных учет стока (Q) и наблюдения за уровнем воды (H)																			
	УГМС УССР										УГМС Казахской, Киргизской, Таджикской и Туркменской ССР									
	1941		1950		1960		1970		1972		1940		1950		1960		1970		1975	
	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q	H
Амударья	27	6	31	9	37	11	45	9	43	9	22	12	50	11	61	15	65	13	75	13
Зарафшан			4		10		12		12		11	1	11		13		18		18	
Сырдарья	20		30		37	1	31		44		31	2	33	1	41	6	42	5	38	2
Карши	4		4		3		4		6		20		25		30		24		20	
Карадарья	3		2		3		5		4		22		24		23		26		29	
Чирчик	11		17		16		20		21		2		3		3		3		1	
Аральское море*	3		6		6		6		5											
	2		2		2		2													
Озера и водохранилища				3		12		13		6	2		2		2		5		5	
Всего	65	6	97	12	114	24	135	22	135	15	120	15	138	12	173	21	185	18	186	15

* В числителе число станций, в знаменателе—постов.

Основная цель этих наблюдений — построение кривых расходов воды $Q=f(H)$, где Q — расход воды, H — уровень воды в реке, что позволяет определять расходы реки, вычислять среднесуточные и другие их значения, подсчитывать сток воды в реках за те или иные периоды (декада, месяц, год).

Измерения температуры воды в реках, озерах и водохранилищах необходимы для характеристик их термического режима. Они особенно важны в осенний период, предшествующий началу ледообразования. Эти наблюдения производятся специальным водным термометром, позволяющим сохранить температуру воды, взятой из реки в момент отсчета.

Наблюдения за ледовыми явлениями в отличие от измерений уровня, расхода и температуры воды ведутся визуально с берега реки, борта самолета или вертолета. Для таких наблюдений по Аральскому морю используются также телевизионные снимки, регулярно получаемые с искусственных спутников Земли.

Помимо перечисленных наблюдений, для составления гидрологических прогнозов необходимы данные об осадках и снежном покрове, накапливающихся в бассейнах рек. Измерение осадков осуществляется систематически два раза в сутки на метеорологических станциях и постах осадкомерами Третьякова или самопишущими приборами (плевниограф).

В высокогорных районах, где организовать систематические наблюдения за осадками за-

труднительно, измерения производятся осадкомерами или автоматическими приборами.

Для гидрологических прогнозов важно знать запасы воды в снежном покрове к моменту составления прогноза, т. е. иметь характеристику снежного покрова в водосборах рек (его высота и плотность). Такие регулярные наблюдения ведутся на всех станциях и постах, а также на специальных снегомерных маршрутах.

Снегомерный маршрут представляет собой систему снегомерных пунктов, каждый из которых, в свою очередь, состоит из нескольких (1—4) площадок размером не менее 500 м², на которых измеряется высота и плотность снега. Площадки выбираются в удалении от крутых склонов так, чтобы их поверхность была сравнительно ровной и уклон не превышал 10°.

Чтобы результаты измерения снега из года в год были сопоставимы, наблюдения ведутся на площадках, закрепленных на местности специальными знаками. Плотность снега определяется весовым снегомером.

Снегомерные маршруты прокладываются обычно по дну более или менее доступных для прохождения зимой горных долин. Из-за труднодоступности снегомерные маршруты поднимаются в горы не выше отметки 3000 м.

Трудоемкие и опасные в зимних условиях снегомерные съемки заменяются отсчетами высоты снега по установленным в труднодоступных горных районах специальным рей-



Измерение расхода воды в р. Сырдарье с паром.

Гидрометрический мостик для измерения расхода воды.





Измерение расхода воды с гидрометрической люльки.

кам. Наблюдения производятся с вертолета. Такие дистанционные рейки установлены в бассейнах 30 рек Средней Азии. Снегомерные работы ведутся также с использованием спутников и аэрофотосъемки.

С 1975 г. в САРНИГМИ проводится оценка снегозапасов в горах путем вертикальной гамма-съемки снежного покрова, основанная на эффекте ослабления снежным покровом гамма-излучения естественных радиоактивных элементов почв и горных пород и уже применяемая на равнинной территории бассейнов рек европейской части СССР.

Результаты экспериментальных полетов в бассейнах горных рек Средней Азии показали, что метод гамма-съемки позволяет измерять снегозапасы до 500 мм с ошибкой около 10%.

Усовершенствование аппаратуры и дальнейшее развитие теории дают основание полагать, что в ближайшем будущем появится возможность измерять в горах снегозапасы большей толщины.

Важный момент деятельности гидрометслужбы — обеспечение необходимой информацией водохозяйственных, сельскохозяйственных и других организаций. Результаты наблюдений обобщаются в САРНИГМИ и издаются в виде гидрологических ежегодников,

которые широко используются хозяйственными, проектными и научно-исследовательскими учреждениями.

В 1968 г. закончено обобщение гидрологических наблюдений за многолетний период. В результате появились фундаментальные справочники по изученности и режиму рек Средней Азии. В них освещены также методы расчета основных гидрологических характеристик, необходимых при проектировании. Изданы сведения об изученности и режиме рек Средней Азии по 1975 г.

В связи с повышением требований народного хозяйства к гидрологическому обслуживанию началось изучение рек в равнинной части, а также участков рек с искусственно измененным режимом.

Данные экспедиций по изучению водного баланса орошаемых земель позволили с 1975 г. начать работы (Ю. М. Денисов) по математическому моделированию водного режима орошаемых земель. Математическая модель дает возможность с некоторым приближением рассчитать влажность зоны аэрации, переток (или подсос) воды из зоны аэрации в грунтовые воды, уровень грунтовых вод, выклинивающихся в коллекторно-дренажную сеть, расход грунтовых вод, холостые сбросы, суммарное испарение и расход воды в концевых участках коллекторно-дренажной сети (возвратный сток). Исходными сведениями служат метеорологические данные, данные о

Таблица 2

Распределение озер по высотным зонам Средней Азии

Высотная зона, м над ур. м.	Бассейн реки			Бессточные обл. Туркмении	Общая кол-во озер	%
	Амударья	Сырдарья	Искандер-дарья, Чу, Талас			
0—100	657	1367	—	142	2166	30,20
101—200	65	497	302	39	903	12,58
201—300	30	233	205	26	494	6,89
301—400	120	35	413	4	572	7,98
401—500	—	10	—	—	10	0,14
501—1000	13	10	17	—	40	0,56
1001—1500	14	17	—	—	31	0,43
1501—2000	15	36	34	—	85	1,20
2001—2500	31	38	29	—	98	1,37
2501—3000	47	49	72	—	168	2,34
3001—3500	558	164	214	—	936	13,05
3501—4000	383	226	304	—	913	12,73
4001—4500	485	13	3	—	501	6,99
4501—5000	246	—	—	—	246	3,43
5001—5500	8	—	—	—	8	0,11
Всего	2672	2695	1593	211	7171	100,00

Таблица 3

Специализированные работы и наблюдения на водохранилищах по месяцам

Водохранилище	Обсерватория (станции)	Рейдовое гидрометрическое наблюдение (ежедневно)	Химический анализ воды (ежемесячно)	Специализированная съемка				Наблюдение над волнением	Контроль учета стока на постах ведомственной сети
				термическая	динамики мутности	гранулометрическая	периферия берегов		
Кайраккумское	Кайраккумская	С III по XII	С II по XI	III, XI	VII, IX, XI	IX	X	С IV по VIII	X
Чардаринское	Чардара	С III по XII	IV, VII, VIII (10 анализов)	III, X	III, VI, VII, VIII	VII	V	С IV по VIII	—
Уртатокайское	Уртатокай	С IV по X	С III по XI	IV, X	IV, VII	X	X	—	IV, VII
Ташкентское	Тяубугуз	С I по XII	С III по XI	IV, XI	IV, V, VII	VII	IX	С IV по IX	IV, IX
Чимкурганское	Чимкурган	С III по XII	IV, VII, VIII, IX (10 анализов)	IV, XI	V, VIII, IX	VIII	—	—	—
Каттакурганское	Каттакурган	С I по XII	С III по XI	IV, XI	III, IV, VII	XI	IX	С IV по IX	IV, VII
Куюмазарское	Куюмазар	С III по XII	IV, VI, VIII, X	IV, X	V, VI, XI	IX	—	—	V, VII

Примечание. Специальная биметрическая съемка проводится на всех водохранилищах один раз в пять лет.

расходах воды, подаваемой на полив, а также характеристики орошаемого массива (коэффициенты фильтрации, густота коллекторно-дренажной сети, ее ширина, глубина заложения и др.). Эти работы продолжаются в направлении создания математической модели водно-солевого режима орошаемых земель.

Для проектирования и строительства гидротехнических сооружений, мостов, дорог и т. д. необходимо располагать данными о максимальных расходах селевых паводков, времени измерения уровня грунтовых вод.

мени и характере их прохождения, площади затопляемых территорий, объеме выносимых твердых материалов.

Для изучения селевых потоков и районов их прохождения специальная селевая партия УГМС УзССР с 1967 г. ведет планомерное обследование селеопасных районов республики. Уже обследована площадь более 89 500 км² в бассейнах 709 рек. Выявлены основные селеопасные районы, где наблюдаются селевые паводки:

Хребет

Бассейн реки

Ташкентский оазис

Таласский Алатау (юго-западные отроги)

Чирчик, Ахангаран

Ферганская долина

Чаткальский (юго-восточные склоны)

Чадак, Галя, Касан, Падша-Ата

Ферганский (юго-западные склоны)

Нарын, Майлису, Кургарт, Карадарья

Алайский (северные склоны)

Акбура, Араван, Сох, Исфайрам, Шахмардан

Туркестанский (северные склоны)

Исфара, Ходжа-Бакирган, Исфана, Аксу

Самаркандская область

Туркестанский (северные склоны)

Ягнарлык, Заамин, Санзар

Зарафшанский (северные склоны)

Зарафшан

Туркестанский (южные склоны)

Зарафшан





Измерение температуры воды на разных глубинах в Чардаринском водохранилище.

Результаты этих работ рассылаются проектным институтам, которые используют их при проектировании противоселевых сооружений.

В Средней Азии насчитывается более 7000 озер. Распределение их по территории и высотным зонам весьма неравномерно (табл. 2).

Горные озера можно считать дополнительными водными ресурсами, однако внезапные прорывы, сопровождающиеся катастрофическими паводками, приносят огромный вред народному хозяйству.

С целью изучения горных озер и определения надежности сдерживающих их плотин с 1966 г. ведется обследование, уже изучено 80 наиболее опасных озер площадью 2500 км². На основе полученных материалов проектные институты разрабатывают мероприятия по ликвидации угрозы прорыва и комплексному использованию водных ресурсов таких озер, как Шавурколь, Ихнач, Каратако в бассейне р. Чирчика, Маргузарских озер в долине За-рафшана и др.

Создана специальная служба авиационного наблюдения за прорывоопасными озерами, которая в периоды наибольшего наполнения озер водой ведет непрерывные наблюдения за их состоянием. Полученные сведения немедленно передаются Министерству мелиорации и водного хозяйства УзССР и другим заинтересованным организациям.

Большие работы по изучению режима водохранилищ ведутся специализированной Кайраккумской обсерваторией, расположенной на одном из крупнейших водохранилищ Средней Азии (табл. 3).

Для оперативного обеспечения информацией учреждений водного хозяйства и энерге-

тики САРНИГМИ ежемесячно издает специальный бюллетень «Водный баланс водохранилищ Средней Азии».

СЛУЖБА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ И ИНФОРМАЦИИ

Служба гидрологических прогнозов и информации в составе лаборатории гидрологических прогнозов САРНИГМИ, гидрометеорологических бюро, гидрометстанций и гидрометобсерваторий Управления гидрометслужбы УзССР призвана обеспечивать орошаемое земледелие, водохозяйственное строительство, энергетику и другие отрасли народного хозяйства данными о состоянии водных объектов (рек, водохранилищ и озер) и их перспективах.

Деятельность службы основывается на анализе физико-географических условий, определяющих ход гидрологических процессов, и дает их прогнозирование. Для этого служба располагает богатым фондом материалов по гидрологии, метеорологии и смежным дисциплинам.

Фонд научно-оперативных материалов по гидрологическим прогнозам содержит данные гидрологических и метеорологических наблюдений, графические, картографические и литературные источники по гидрологическим прогнозам, общей гидрологии, гидрографии, климату, гидрогеологии, физической и экономической географии и др.

Гидрологические данные включают сведения о средних суточных, декадных, месячных, средних за вегетационный период, наибольших годовых и месячных расходах (уровнях) воды, ледовых явлениях, сроках их появления, разрушения (продолжительности), а также о температуре воды в реках, озерах и водохранилищах.

Текущая гидрологическая информация о ежедневных уровнях, измеренных расходах, температуре воды и других гидрологических явлениях поступает в лабораторию гидрологических прогнозов со 153 пунктов, ведущих наблюдения на реках и водохранилищах Средней Азии, из них 72 пункта принадлежат Управлению гидрометслужбы (УГМС) УзССР, 28—УГМС КиргССР, 19—УГМС ТаджССР, 13—УГМС ТуркмССР, 11—УГМС КазССР, 10—Министерству энергетики и электрификации УзССР. Службой гидрологических прогнозов УГМС УзССР используются результаты наблюдений за высотой и плотностью снега по 41 снегомерному маршруту.

К метеорологическим данным относятся сведения о максимальной, минимальной, среднесуточной, среднедекадной и среднемесечной температурах воздуха, суточных, декадных и месячных суммах осадков и высоте снежного покрова на площадках высокогорных гидрометеорологических станций. Кроме того, содержатся сведения о высоте снега в горах и запасы воды в нем по результатам снегомерных съемок и дистанционным рейкам.

Метеорологическая информация о температуре воздуха, осадках и высоте снега на площадках метеорологических станций поступает со 122 метеорологических станций (большинство расположено в предгорных районах Средней Азии), из них 45 находятся на территории Узбекистана, 44 — в Киргизии, 21 — в Таджикистане и по 6 станций — в Туркмении и на юге Казахстана.

Информация, получаемая в процессе наблюдений, наносится на перфоленты, передается в вычислительный центр САРНИГМИ, вводится в ЭВМ и выдается в виде специальных таблиц.

Наибольшую ценность для службы гидрологических прогнозов представляют наблюдения высокогорных гидрометеорологических станций, большая часть которых расположена в горной части Киргизии.

Большое значение для службы прогнозов имеют данные о заборах воды из рек на орошение, поэтому сведения, поступающие от органов водного хозяйства, также включаются в фонд научно-оперативных материалов в виде таблиц среднесуточных, декадных и месячных расходов воды в головах каналов. Эти материалы используются для определения безвозвратных потерь стока на полях орошения.

Гидрологическая и метеорологическая информация в закодированном виде передается с сети станций Гидрометслужбы в лабораторию гидрологических прогнозов и информации САРНИГМИ. После раскодирования, обработки, регистрирования в специальных журналах и таблицах она наносится на графики и карты. Наибольшую сложность представляет построение кривых зависимостей расходов от уровней воды в реках. Вследствие изменчивости русла горных рек Средней Азии однозначной зависимости между измеренными расходами воды и уровнями по большинству постов не получается. Кривые расходов приходится строить по периодам, увязывая сток воды в данном пункте со стоком в пунктах, расположенных выше или ниже по длине реки. Координаты кривых расходов рассылаются во все подразделения Гидрометслуж-

бы, обслуживающие органы водного хозяйства и энергетики на местах.

В САРНИГМИ создается программа расчета кривых зависимостей расходов от уровней воды для вычисления ежедневных расходов воды, что позволяет надеяться на автоматизацию их вычисления.

Гидрологические и метеорологические данные относятся к систематической (регулярной) информации. Кроме того, Гидрометслужба получает эпизодическую информацию: сведения о прошедших селевых паводках, заторах и зажорах льда, распространении ледовых явлений на реках, залегании снежного покрова в горах по данным аэровизуальных наблюдений и т. д.

Материалы научно-оперативного фонда — основа для разработки методов гидрологических прогнозов, а информация о текущем состоянии водных объектов и погоды, снегозапасах в горах — для составления прогнозов, консультаций, справок и обзоров. Часть текущей информации, главным образом сведения о расходах и уровнях воды, ледовых и селевых явлениях, передается по телефону, часть в виде ежедневного и декадного гидрологического бюллетеня всем заинтересованным организациям.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

Для нужд орошаемого земледелия и энергетики составляются прогнозы средних расходов воды за вегетационный (апрель — сентябрь), невегетационный (октябрь — март) периоды и среднемесечных расходов на все месяцы года. Основные прогнозы выпускаются по 39 пунктам на 35 реках, орошающих территорию Узбекистана и юг Киргизии.

Прогноз стока за вегетационный период выдается в начале февраля и уточняется в первых числах марта и апреля. В начале января на основании анализа хода накопления и распределения осадков в горах, температуры воздуха и других гидрометеорологических данных составляется справка об ожидаемом весенне-летнем половодье на реках Узбекистана и юга Киргизии. Когда в предстоящий вегетационный период ожидаются неблагоприятные явления, такая справка позволяет заблаговременно принять необходимые меры защиты от паводков или изыскать дополнительные источники воды для орошения при маловодье.

В начале марта одновременно с уточнением прогноза средних расходов воды за вегетационный период выпускаются прогнозы наибольших годовых расходов по наиболее

важным рекам — Чирчику, Ахангарану, Карадарье, Нарыну, Исфайраму, Сырдарье, Зарафшану и Амударье.

Прогноз стока за невегетационный период выпускается 5 октября.

Прогнозы среднемесячных расходов воды летнего полугодия выпускаются за 25 и уточняются за 5 дней до наступления месяца, на который составляется прогноз, а зимнего полугодия — за 10 дней.

Для рек, на которых основные паводки проходят в первую половину вегетационного периода (Ахангаран, Гавасай, Кашкадарья и др.), а во вторую его половину испытывается острый недостаток в воде для поливов, 5 мая вместе с прогнозом среднего расхода воды на июнь выпускаются прогнозы средних расходов воды на июль и август. Эти прогнозы позволяют органам водного хозяйства наиболее рационально распределять оросительную воду между районами с учетом возделываемых культур.

По Чирчику, Ахангарану, Нарыну, Карадарье и Сырдарье, кроме того, составляются прогнозы среднемесячных расходов воды на квартал вперед. В летнее полугодие эти прогнозы выпускаются за 15 дней до начала квартала, в зимнее составляется два прогноза: основной за 40 дней, а уточненный за 15 дней до начала квартала.

Кроме названных прогнозов, для органов водного хозяйства и энергетики даются прогнозы средних декадных и суточных расходов воды по 18 рекам в летний период и по 5 в зимний.

Для борьбы с наводнениями в период половодья и заторов льда составляются прогнозы максимальных расходов и уровней воды, а также выпускаются экстренные предупреждения о резком увеличении расходов (уровней) воды, селевых и ледовых явлениях (за 5—7 суток).

Все виды гидрологических прогнозов передаются по телефону Министерству мелнорации и водного хозяйства и Министерству энергетики и электрификации УзССР. Кроме того, они выпускаются в виде специальных бюллетеней, в которых, помимо ожидаемых величин расходов воды, приводятся многолетние их характеристики.

Предупреждения о возможной опасности селевых паводков и ледовых явлений передаются по телефону в Министерство мелнорации и водного хозяйства и всем заинтересованным организациям в г. Ташкенте и по телеграфу областным противопаводковым комиссиям Узбекистана. Кроме того, гидрологиче-

ские прогнозы и предупреждения по межреспубликанским водным объектам передаются по телефону во все подразделения Гидрометслужбы УзССР и соседних республик. Все виды прогнозов и предупреждений передаются по телетайпу в Гидрометеорологический научно-исследовательский центр СССР в г. Москве.

В осенне-зимне-весенний период прогнозы стока воды используются для составления планов промывных и влагозарядковых поливов орошаемых полей, а также графиков наполнения волохранилищ.

Основную массу воды реки Средней Азии получают благодаря таянию сезонного снежного покрова, накапливающегося в холодную часть года в горах на высотах, превышающих 1500—2000 м над ур. м., в меньшей мере — за счет дождей и таяния ледников. Поэтому аргументами прогностических зависимостей средних расходов воды за вегетационный период служат сведения о запасах снега в водосборах рек. Для прогнозов стока воды используются данные о запасе ее в снежном покрове по результатам снегомерных съемок и о сумме осадков обычно за период с 1 октября по день составления прогноза.

Качество прогностических зависимостей, следовательно, точность прогнозов зависят от наличия метеорологических наблюдений непосредственно в водосборах рек, где формируется основной сток. В бассейнах некоторых рек метеорологические наблюдения не производятся, поэтому при прогнозах приходится пользоваться гидрометеорологическими данными станций, расположенных вне водосборов этих рек.

В качестве аргумента зависимости для прогноза среднего расхода воды за вегетационный период р. Кассанская принята сумма осадков за октябрь — март, умноженная на площадь бассейна, покрытую снегом на 1 апреля. Для р. Карадарьи аргументом служит средневзвешенное количество осадков за октябрь — март по 8 метеорологическим станциям.

Прогноз бокового притока воды в русло Сырдарьи на участке от Кайраккумского до Чардаринского водохранилища за вегетационный период может быть рассчитан по уравнениям вида

$$\Delta Q_{\text{вер}} = a \frac{x_{x-III}}{x_{x-III}} + b \frac{\Delta Q_{III}}{\Delta Q_{III}} + c, \quad (1)$$

где $\Delta Q_{\text{вер}}$ — боковой приток воды в Сырдарью на участке от Кайраккумского до Чардаринского водо-

хранилища (средний за вегетационный период);

ΔQ_{III} — то же за март;

ΔQ_{III} — многолетнее среднее его значение;

X_{x-III} — сумма осадков за октябрь—март, средняя по 4 станциям, расположенным в бассейнах Чирчика и Ахангарана;

\bar{X}_{x-III} — многолетнее среднее значение этих осадков;

a, b, c — постоянные параметры.

Первый член правой части этого уравнения характеризует снегонакопление на 1 апреля в бассейнах Чирчика и Ахангарана, выпадающих в Сырдарью на этом участке, а второй — запас воды в русле Сырдарьи к началу вегетационного периода.

Для прогнозов средних расходов воды на апрель и май используются зависимости, аналогичные связям для прогнозов стока на вегетационный период.

Для предсказания средних расходов воды летних месяцев применяются связи типа

$$Q' = a \frac{Q}{t + t_0} + b \quad (2)$$

или

$$Q' = a \frac{x}{t - t_0} + b, \quad (3)$$

где Q' — предсказываемый среднемесячный расход, например, на июль;

Q — средний расход за некоторый предшествующий период, например, за май — июнь;

t — средняя температура воздуха на высокогорной станции за тот же период, что и Q ;

x — осадки за предшествующий период;

a, b, t_0 — постоянные параметры.

Для зависимости (рис. 1, а) аргументом служит частное от деления среднего расхода воды за период с 1 апреля по 20 мая на среднюю температуру воздуха за тот же период, а для зависимости (рис. 1, б) — частное от деления суммы осадков за период с 1 октября по 20 июня на среднюю температуру воздуха за период с 1 мая по 20 июня.

Прогнозы стока воды в межень период для рек с естественным (не искаженным) режимом составляются по связям расходов воды последующего периода с расходами предыдущего периода, т. е. по гидрологической инерции.

Режим многих низовых участков горных и равнинных рек Сырдарьи и Амударьи резко изменился в связи с водохозяйственными мероприятиями, поэтому были разработаны методы прогнозов стока для этих зарегулированных рек. Зависимости от прогнозов оказались более сложными.

С целью получения сравнимых данных о стоке воды последних лет с предшествующими, когда режим рек не был столь сильно изменен, расходы приведены к однородному ряду. В связи со строительством водохранилищ на Нарыне, Карадарье и Сырдарье были рассчитаны среднемесячные и на другие периоды значения расходов бокового притока в Нарын ниже Токтогульского водохранилища, Карадарью ниже Андижанского водохранилища, Сырдарью выше Кайраккумского водохранилища и на участке от Кайраккумского до Чардаринского водохранилища и разработаны методы прогнозов. Зависимости для прогнозов стока для таких участков рек более сложные. Например, для прогноза среднего расхода бокового притока в Сырдарью на октябрь на участке от Кайраккумского до Чардаринского водохранилища используется следующее уравнение:

$$\Delta Q_x = 0,48 \Delta Q_{IX} + 0,2 (\Delta Q_{IV-VIII} \Delta \bar{Q}_{IV-VIII}) + 0,30 \sum Q_{вет.к} - 5,0, \quad (4)$$

где ΔQ_{IX} и ΔQ_x — средний расход — боковой приток воды в Сырдарью на участке от Кайраккумского до Чардаринского водохранилища за сентябрь и октябрь;

$\sum Q_{вет.к}$ — средний суммарный расход воды, забираемый в каналы в верхнем течении Сырдарьи из Нарына и Карадарьи за вегетационный период;

$\Delta Q_{IV-VIII}$ — боковой приток воды в р. Сырдарью на участке от Кайраккумского до Чардаринского водохранилища, среднее за апрель—август;

$\Delta \bar{Q}_{IV-VIII}$ — многолетнее среднее значение притока.

Прогноз среднего расхода бокового притока в Сырдарью выше Кайраккумского водохранилища за вегетационный период можно рассчитать по уравнению:

$$Q_{вет} = a (H_{XI-XII} + H_{II-III}) + b,$$

где H_{xI-xII} — средний уровень зеркала грунтовых вод за ноябрь—декабрь по гидрогеологическим скважинам в Ферганской долине;

H_{II-III} — то же за февраль—март;

a, b — постоянные параметры.

Прогнозы ежедневных расходов (уровней) воды для Амударьи и Сырдарьи составляются по методу соответственных расходов (уровней) воды. Для небольших рек не используются связи стока воды с метеорологическими элементами, получаемыми по наблюдениям в горах или по результатам аэрологического зондирования атмосферы с учетом типов синоптических процессов. С 1968 г. расчеты для таких прогнозов выполняются на ЭВМ.

В основу прогнозов ледовых явлений положены зависимость сроков начала того или иного явления (дата появления шуги, замерзания и вскрытия реки) от температуры воздуха. Так, для прогноза даты появления шуги на Амударье получена формула

$$ax + n \sum_{i=1}^n t_i + y + c = 0, \quad (5)$$

где x — расстояние от устья,
 n — время появления шуги,
 t_i — среднесуточная температура воздуха,

$\sum_{i=1}^n$ — сумма температур за скользящую трехдневку,

y — сезонная поправка,

a, b, c — постоянные параметры.

Для расчета даты вскрытия Амударьи, например в районе г. Нукуса, должно выполняться условие

$$2(m - n_3) = \sum_{i=1}^n t_i \quad \text{при } t \geq -2^\circ, \quad (6)$$

где t — среднесуточная температура воздуха,

n_3 — дата замерзания,

n — дата вскрытия,

m — первый день с $t \geq -2^\circ$ для случаев с продолжительностью ледостава не более 20 суток.

Для более продолжительных периодов ледостава должно выполняться условие

$$3(n - m + 1) \pm \sum_{i=1}^n t_i = 50, \quad (7)$$

где m — дата перехода температуры воздуха через -3° .

По формулам типа (5, 6, 7) можно составлять прогнозы с заблаговременностью до 3—5 суток.

Оправданность гидрологических прогнозов по принятой в системе Гидрометслужбы СССР оценке составила в среднем за последние 10 лет по долгосрочным прогнозам 83% и по краткосрочным 90%. Следует отметить, что по описанным выше методам, как правило, успешно предсказываются маловодье и многоводье, что представляет наибольший интерес для народного хозяйства. Так, заблаговременно предсказано маловодье на реках Узбекистана и юга Киргизии в 1961, 1962, 1965, 1974 и 1976 гг. и очень сильное многоводье в 1969 г.

Разработкой методов гидрологических прогнозов занимаются в основном сотрудники лаборатории гидрологических прогнозов под руководством П. М. Машукова. Кроме перечисленных, выполнены анализ и прогноз стока рек, принадлежащих бассейнам Сурхандарьи и Кашкадарьи за вегетационный период, ледовых явлений на Амударье, стока рек, стекающих с хребтов Западного Тянь-Шаня, с северных склонов Алайского и Туркестанского хребтов, проведен учет водозабора из русла Амударьи и потерь стока при составлении гидрологических прогнозов.

Разработаны методы прогноза дат перехода расходов воды Чирчика больше 300 м³/с на подъеме и меньше 300, 220, 150 и 90 м³/с на спаде половодья, долгосрочных прогнозов средних за вегетационный период и среднемесячных расходов воды в Касансае, Карадарье, долгосрочных прогнозов средних, наибольших и наименьших уровней Амударьи для периода октябрь—март.

При составлении гидрологических прогнозов на зарегулированных участках рек учитывается разбор воды на орошение, при прогнозах стока по Сырдарье и Амударье — трансформация волн наводков и русловое регулирование.

В САРНИГМИ успешно ведутся теоретические исследования процессов формирования стока, которые позволили впервые создать математическую модель формирования снеготазпасов в горах, поступления талой и дождевой воды на поверхность бассейна и ее трансформации в речной сток горных рек.

Глава III. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Режим орошения сельскохозяйственных культур выработан в процессе многовекового ведения сельского хозяйства. В дореволюционный период он определялся режимом и водоносностью источника орошения, строго соблюдавшимися правилами и традициями водопользования, установленным на системе водооборота, социальными отношениями и др.

Режимы орошения в Средней Азии начал изучать еще Отдел земельных улучшений Департамента земледелия. Им была учреждена Гидромульная часть, в задачу которой входило обследование ирригационных систем Туркестана и решение практических вопросов регулирования водопользования, а также изыскание новых площадей орошения и водных источников для них. Эти работы проводились под руководством А. Н. Костякова. Исследовали «фактический» и «оптимальный» гидромуль. Фактический гидромуль изучали в различных географических и почвенных условиях путем установления основных параметров режимов орошения—сроков и норм полива, оптимальный — на опытных полях путем испытания различных вариантов сроков и норм полива, одновременно велись наблюдения за режимом влажности почв. Критерием для выбора оптимального варианта служила урожайность.

По данным этих исследований С. К. Кондрашев и Н. А. Янишевский установили 13 основных и 13 переходящих (литерных) районов с идентичными условиями орошения, для каждого были запроектированы режимы орошения сельскохозяйственных культур, позволяющие производить необходимые гидромульные расчеты.

С созданием крупных социалистических механизированных хозяйств менялись основы агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, техника полива и режимы орошения.

С расширением орошаемых площадей большое значение приобретает изучение и научное обоснование нормативов для проектирования и эксплуатации оросительных систем. Один из важных показателей — режим орошения сельскохозяйственных культур, который служит основанием для проектирования новых и переустройства существующих оросительных систем, планирования и упорядочения водопользования, определения оросительной способности водонеточника, вододелиния на оросительных системах и для других водохозяйственных расчетов. Он определяет количество воды и порядок ее подачи, рассчитанные на поддержание в активном слое почвы оптимальных водного, солевого и питательного режимов, соответствующих каждой фазе развития возделываемой культуры.

Научно-технический прогресс в орошении выражается в создании совершенных оросительных систем, обеспечивающих оптимальную по времени и качеству подачу воды для получения высоких урожаев.

В районах орошаемого земледелия применяются поливы по бороздам (пропашные культуры) и напуском по полосам (культуры сплошного сева), полив затоплением чеков — только при культуре риса. В небольших размерах используется дождевание; проходят испытание внутрипочвенный и капельный способы орошения.

Научно-технический прогресс в проектировании режимов орошения, связанном с необходимостью учета сложного комплекса условий, заключается прежде всего в отыскании метода оценки фактического водопотребления и установлении зависимостей, позволяющих применять получаемые данные в других условиях без постановки длительных и дорогостоящих экспериментов.

Изучение режимов орошения с 1927 г. проводилось на широкой сети опытных станций Всесоюзного научно-исследовательского хлоп-

кового института (СоюзНИИ). Испытывались схемы различных сочетаний числа, сроков и норм поливов, велись наблюдения за режимом влажности почв. Эксперименты ставились на хлопково-люцерновом севообороте (пласт, оборот пласта, старонашка), с различными дозами удобрений, глубинами обработки почвы, шириной междурядий и др. Вместе с тем использовался лизиметрический метод и решались вопросы водного баланса хлопкового поля.

Испытания велись в разных географических зонах на следующих опытных станциях: Чимбайской, Хорезмской, Ташаузской, Бухарской, Самаркандской, Чарджоуской, Марийской, Байрамалийской, Полотанской, Кургантюбинской, Гиссарской, Пахтааральской, Аквавакской, Чимкентской, Ленинабадской, Андижанской, им. Федченко, Ошской и Голлодностепской. Огромный собранный материал освещен в трудах С. П. Рыжова, В. Е. Еременко, В. М. Легостаева, Б. С. Колькова, М. П. Медниса, Н. Ф. Беспалова, А. Д. Чурляева, И. К. Киселевой, С. А. Гильдиева, Э. А. Лифшиц и др.

Режимы орошения бывают увлажнительные и увлажнительно-промывные. На землях, подверженных засолению, применяется увлажнительно-промывной режим, при котором усиливается нисходящий ток воды в дренаж. Кроме того, могут быть режимы орошения, ограниченные водообеспеченностью источника орошения или его режимом для той или иной культуры, и др.

В единой системе с нормами орошения в вегетационный период находятся не вегетационные поливы специального назначения: влагозарядковые, промывные, профилактические, предпосевные, вызывные и другие, обеспечивающие оптимальные условия для получения всходов и первого периода вегетации культур, а также для предупреждения реставрации засоления почв.

Режим орошения должен учитывать весь комплекс факторов, влияющих на его параметры: климатический, литолого-геоморфологический, гидрогеологический, почвенно-мелиоративный, водохозяйственный и др. Используемые режимы орошения должны также учитывать крупные изменения в ирригационно-мелиоративном состоянии земель: уровень водообеспеченности, улучшение мелиоративного состояния, повышение уровня агротехники, появление более продуктивных сортов сельскохозяйственных культур, условия водопользования, рост механизации сельского хозяйства и др. Все это меняет потребности в

орошительной воде и создает условия для более экстренного и эффективного ее использования.

Таким образом, возникает необходимость в постоянном уточнении и совершенствовании режимов орошения и разработке новых в различных природных условиях.

Основой дифференциации и планирования режимов орошения является почвенно-мелиоративное районирование, базирующееся на огромном исследовательском материале, систематизированном в трудах ученых Средней Азии: почвоведов Р. А. Аболина, Н. А. Димо, А. Н. Розанова, геоморфологов П. П. Васильевского, Ю. А. Скворцова, Г. Ф. Тетюхина, Н. П. Герасимова, гидрогеологов Н. А. Кенесарина, М. М. Крылова, О. К. Ланге, М. А. Шмидта, мелиораторов В. А. Ковды, А. Н. Костякова, В. М. Легостаева, Л. П. Розова, Б. В. Федорова, В. Р. Шредера и многих других. Основные факторы, учитываемые при почвенно-мелиоративном районировании, — это климат, литолого-геоморфологическое строение участков, гидрогеологические мелиоративно-хозяйственные условия, определяющие направленность и развитие почвообразования.

Различия климатических условий зависят от широтного положения и вертикальной зональности. В соответствии с широтным положением в Средней Азии различают северную (С), центральную (Ц) и южную (Ю) зоны, подразделяемые на северную (I) и южную (II) части. По вертикальной зональности выделяются следующие поясно-высотные зоны:

	Обозначение	Тип почвообразования (автоморфный ряд)
Зона пустыни	A	Пустынный
Пояс полупустыни	A ₁	Переходный (к поясу сероземов)
полупустыни-эфемеровых степей	B	Сероземный (светлые сероземы)
эфемеровых степей	B	Сероземный (типичные сероземы)
разнотравных степей	Г	Сероземный (темные сероземы)

Выделение почвенно-климатических зон и поясов основывается на количестве выпадающих осадков, температурном режиме и влажности воздуха.

Поясы вертикальной зональности различаются условиями увлажнения в зимне-посевной период. Количество осадков от пояса Б к поясу Г увеличивается и период естественного увлажнения удлиняется. Летний же период и первые месяцы осени одинаково засушливы и мало отличаются по температур-

ному режиму. При орошении и обводнении территории в связи с меняющейся мощностью растительного покрова влажность воздуха повышается и смягчается температурный режим. Между относительной влажностью воздуха и температурой существует прямолинейная корреляционная связь, при помощи которой установлены изменения дефицита влаги для различных по степени сельскохозяйственной освоенности территорий.

В расчетах норм орошения изменения дефицита влаги устанавливаются для земель следующих степеней освоенности: 1) целина и богарные пашни, 2) слабоосвоенные необлесенные — начальный период освоения, 3) умеренно освоенные, слабооблесенные — переходный период, 4) интенсивно освоенные, умеренно облесенные — перспектива. Районы с мощным растительным покровом — сильно облесенные (озелененные) населенные пункты, озерно-тугайные террасы рек и дельты, а также приморские (прибрежные) районы могут характеризоваться более высокими значениями относительной влажности воздуха.

Средняя относительная влажность воздуха за теплое полугодие (апрель — сентябрь) на неорошаемой территории в зоне А составляет около 30%, в поясе В — 30—35, в поясе В — 35—40 и в поясе Г — 40—45%.

Мелиоративная оценка гидрогеологических условий основывается на гидрогеолого- или почвенно-мелиоративном районировании, критерием для которого служит баланс грунтовых вод (существующий или расчетный), определяемый по условиям их питания и расхода (оттока, транспирации и испарения). С учетом этих показателей выделяются следующие гидрогеолого-мелиоративные области:

а — обеспеченного оттока, транзита грунтовых вод в условиях глубокого залегания, не влияющих на почвообразование,

а₁ — обеспеченного местного оттока грунтовых вод за счет расчлененности рельефа,

б — интенсивного внешнего притока, подпора и выклинивания грунтовых вод с устойчивым близким залеганием,

в — затрудненного притока и оттока грунтовых вод с неустойчивой глубиной залегания и режимом, зависящим от местных условий.

В областях *а* и *а₁* почвенно-мелиоративную обстановку определяют рельефные условия и литологический состав почвообразующих пород; в областях *б* и *в* основные различия обусловлены водообменом (питания и оттока) грунтовых вод и связанной с этим гидрохимической зональностью.

Мелиоративная группировка почв в пределах выделяемых литолого-геоморфологиче-

ских комплексов производится с учетом условий их освоения, направленности и развития мероприятий по мелиоративной подготовке, естественного и потенциального (развиваемого) плодородия и др.

В зависимости от гидроморфности, связанной с глубиной грунтовых вод, почвы группируются в 9 гидромодульных районов:

Гидромодульный район	Почвы	Глубина залегания грунтовых вод, м
	Автоморфный ряд, формирующийся без влияния грунтовых вод	3
I	Маломощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные песчаные	
II	Среднемощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные супесчаные	
III	Мощные суглинистые и глинистые	
	Переходный ряд, формирующийся при слабом грунтовом увлажнении	2—3
IV	Легкосуглинистые и супесчаные	
V	Суглинистые и глинистые	
	Гидроморфный ряд, формирующийся при умеренном грунтовом увлажнении	1—2
VI	Легкосуглинистые и супесчаные	
VII	Суглинистые и глинистые	
	Гидроморфный ряд, формирующийся при избыточном грунтовом увлажнении	0,5—1
VIII	Легкосуглинистые и супесчаные	
IX	Суглинистые и глинистые	

Гидромодульные районы, объединяющие почвы автоморфного ряда, характеризуют области *а* и *а₁* с устойчивым глубоким залеганием грунтовых вод; районы, объединяющие почвы переходного и гидроморфного ряда, характеризуют области *б* и *в*, при этом учитываются особенности их гидрогеологических условий. Построенное таким образом почвенно-мелиоративное районирование позволяет наиболее полно оценить существующие условия, определяющие потребности нормы орошения, и правильно прогнозировать их возможные изменения.

Сложность теоретического обоснования и практического решения задачи установления оптимального режима орошения объясняется необходимостью учета комплекса факторов, определяющих потребность сельскохозяйственных культур в воде. Данные о величине потребления воды сельскохозяйственными

Схема
почвенно-климатического
районирования



Границы и обозначения широтных зон

С-северная
Ц-центральная
Ю-южная

I-северная часть
II-южная часть

 А-Зона пустыни

Пояса высотной зональности

 А Полупустыни (переходные к сероземам)
 Б. Эфемерные степи светлых сероземов
 В. Эфемерные степи-типичных сероземов
 Г. Эфемерные степи-темных сероземов

Границы

 союзных республик
 областей



культурами с учетом всех составляющих водного баланса могут быть получены в результате полевого опыта и в лизиметрах. Оба метода применяются во всех странах мира.

Однако невозможность охвата прямыми определениями водопотребления сельскохозяйственных культур всего разнообразия природных и ирригационно-хозяйственных условий заставляет искать оценки фактического водопотребления путем нахождения коэффициентов, позволяющих экстраполировать полученные величины для применения их в других районах, что, удовлетворяя запросы производственной практики, позволяло бы устанавливать поливные режимы без длительных и дорогостоящих исследований.

Благодаря работам А. И. Костякова, И. А. Шарова, Р. Э. Давида, В. П. Попова, М. И. Будыко, Д. Л. Лайхтмана, С. М. Алпатьева, А. И. Будаговского, А. Р. Константинова, И. А. Чхенкели, А. М. Алпатьева, В. И. Алексеева, Н. Д. Данильченко и др. в СССР, а также Торнтвейта, Блейни и Кридл в США, Пэнмана в Англии, Тюрка во Франции, Велева и Маркова в Болгарии, Остроушенского и Матуль в Польше и многих других установлена количественная связь между потреблением воды растениями и метеорологическими условиями приземных слоев атмосферы и выявлена возможность использования этой связи в практике орошения. Выражение этой связи не может быть универсальным для любых географических условий. Одни исследователи рекомендуют использовать суммы дефицитов влажности воздуха или испаряемость, другие — радиационный баланс, третьи — суммы температур и т. д.

Для расчета суммарного водопотребления можно пользоваться любым эмпирическим уравнением, характеризующим испаряемость, если установить коэффициенты, позволяющие найти соответствие между фактическим расходом влаги орошаемой культурой и испаряемостью.

В Ленинградском агрофизическом институте (АФИ) сконструированы термобалансографы (ТБ-72 и ТБ 2 72-М) для определения параметров теплового баланса. Эти приборы обеспечивают получение искомым величин, в частности испаряемости, в динамике и в окончательном виде без обработки и промежуточных вычислений. Впервые они испытаны в условиях Средней Азии. Благодаря им можно быстро определить нормы водопотребления.

Теоретическая основа расчета и районирования режимов орошения сельскохозяйственных культур, разработанных Средазгипроводхлопком для хлопковой зоны, — установленная

зависимость между заданным расходом воды на испарение и транспирацию (эвапотранспирация и сама испаряемость). Признается, что расход воды полем подчиняется физическим законам испарения, а интенсивность его определяется в основном метеорологическими факторами — температурой и влажностью воздуха,

Для расчета поливных режимов сельскохозяйственных культур используется дефицит влаги, характеризующий величину испаряемости за вычетом осадков и представляющий объективный показатель недостаточности увлажнения.

Оросительная норма выражается дефицитом влаги с применением соответствующего биологического коэффициента, установленного отношением эвапотранспирации к дефициту влаги.

Отношение оросительной нормы для хлопчатника, люцерны, кукурузы и др. к дефициту влаги за оросительный период выражается величиной, близкой к 0,8. Однако для удобства оросительная норма культур выражается дефицитом влаги за период апрель—сентябрь с коэффициентами, полученными на основании опытов: хлопчатник — 0,65, люцерна и другие травы — 0,88, сады и другие насаждения — 0,60, виноградники — 0,52, кукуруза и джугара — 0,59, пропашные культуры с повторными — 0,69, овощные долгосрочные — 0,86.

Значения поправочных коэффициентов в зависимости от почвенно-мелиоративных условий (почвенно-мелиоративная область, гидромодульный район), установленных тем же способом, приводятся в табл. 4.

Установленные таким образом оросительные нормы основных сельскохозяйственных

Таблица 4

Значения поправочных коэффициентов

Ирригационный район	Почвенно-климатический пояс			
	А	Б	В	Г
Почвенно-мелиоративная область а				
I	1,12	1,12	1,10	1,06
II	1,06	1,06	1,05	1,02
III	1,00	1,00	1,00	1,00
Почвенно-мелиоративная область б				
IV	0,80	0,77	0,75	0,70
V	0,75	0,73	0,70	0,65
VI—VII	0,60	0,58	0,55	0,50
Почвенно-мелиоративная область в				
IV	0,85	0,82	—	—
V	0,88	0,81	—	—
VI—VII	0,72	0,70	—	—

культур по зоне Ц—II, принимаемые за единицу, приведены в табл. 5.

Оросительные нормы в зависимости от широтного положения и продолжительности оросительного периода для зоны С-I принимаются с поправками 0,88, С—II—0,92, Ц—I—0,96, Ю—I—1,04 и Ю—II—1,08. Эти оросительные нормы рассчитаны на перспективу. В начальный и переходный периоды освоения земель они должны приниматься с коэффициентами 1,24 и 1,12.

Для горных областей потребность в орошении устанавливается с коэффициентами, учитывающими интенсивность испарения от высоты местности. Так, при высоте местности 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 м коэффициент интенсивности испарения равен 1,05, 1,12, 1,19, 1,26, 1,34 и 1,43.

В определении оросительной нормы учитываются два основных параметра: водопотребление (суммарное испарение) и просачивание, или дренажный сток. Величина испарения лимитируется метеорологическими условиями. Глубокое же просачивание и дренажный сток ограничены меньше и в зависимости от поч-

Таблица 6

Фактическое водопотребление

Показатель	Глубина залегания грунтовых вод, м			
	1	2	3	4
Оросительная норма за вегетационный период	2,5	3,5	5,5	6,5
Оросительная норма за невегетационный период	4,5	3,6	2,5	1,0
Суммарный расход влаги хлопчатником за вегетационный период	11,0	9,0	7,0	5,5
Суммарный расход влаги за невегетационный период	—	—	—	—
Дренажный сток за вегетационный период	1,3	1,6	1,9	—
Дренажный сток за невегетационный период	1,9	2,2	2,8	—
Дефицит влаги за вегетационный период	-9,8	-7,1	-3,4	+1,0
Дефицит влаги за невегетационный период	+2,6	+1,3	+0,3	+1,0
Дефицит влаги годовой	-7,2	-5,8	-3,1	+2,0

Таблица 5

Оросительные нормы для основных сельскохозяйственных культур по зоне Ц—III

Почвенно-климатическая зона, воле	Почвенно-мелиоративная область								
	а			б			в		
	I	II	III	IV	V	VI-VII	IV	V	VI-VII
Хлопчатник									
A	7800	7400	7000	5600	5300	4200	6700	6200	5000
B	7600	7200	6800	5200	5000	3900	6000	5700	4800
B	7200	6800	6500	4900	4600	3600	—	—	—
Г	6500	6300	6200	4300	4000	3100	—	—	—
Люцерна и другие травы									
A	10300	10100	9700	7600	7100	5700	8700	8100	6900
B	10300	9700	9200	7100	6700	5300	8100	7700	6400
B	9700	9200	8800	6600	6200	4800	—	—	—
Г	8800	8600	8400	5900	5500	4200	—	—	—
Кукуруза и джугара									
A	7200	6800	6400	5100	4800	3800	5700	5600	4600
B	6800	6500	6100	4700	4500	3500	5100	5100	4300
B	6100	6100	5800	4300	4100	3200	—	—	—
Г	5900	5700	5600	3900	3600	2800	—	—	—
Сады и другие древесные насаждения									
A	7300	6900	6500	5200	4900	3900	6000	5700	4700
B	7100	6700	6300	4900	4600	3700	5500	5300	4100
B	6600	6300	6000	4500	4200	3300	—	—	—
Г	6100	5800	5700	4000	3700	2900	—	—	—

венных условий и практики орошения могут колебаться в больших пределах.

Для подверженных засолению почв гидромодульных районов области в целях создания промывного поливного режима установлены повышенные (15—20%) по сравнению с аналогичными гидромодульными районами области значения поправочных коэффициентов.

Фактическое водопотребление (эвапотранспирация) в вегетационный период, однако, обратно пропорционально глубине залегания грунтовых вод, что может быть показано расчетом водного баланса Б. В. Федорова (табл. 6) и данными лизиметрических наблюдений Н. К. Киселевой, А. Ф. Сляднева, Д. М. Кац и др.

Для рационального использования оросительной воды необходимо установить зависимость урожаев сельскохозяйственных культур от водопотребления. Необходимо также определить границы наиболее эффективного потребления воды растениями. К сожалению, в широких масштабах такие опыты пока не проводятся. Поэтому для определения режимов орошения пользуются оросительными нормами, включающими просачивание и дренажный сток, но установленными при одинаковой технике полива.

Зависимость урожаев сельскохозяйственных культур не прямо пропорциональна водо-

потреблению, а изменяется по кривой, общий характер которой для различных условий однотипен. Кривая круто поднимается от нижней границы водопотребления, после чего плавно доходит до максимума урожая, затем удерживается на этом уровне или опускается вниз.

По опытным данным построены кривые, на координатах которых размещены отношения полученных урожаев и водопотребления к максимальным величинам урожаев и водопотребления, которые приняты за единицу (рис. 2). Исходя из характера кривых, за верхний предел водопотребления принимается тот, увеличение которого не приводит к повышению урожая. На различных агротехнических фонах и при определенном почвенном плодородии, определяющих величину урожая, они имеют близкие значения. Установленные таким образом оросительные нормы не зависят от величины урожая.

Отклонения оросительных норм от оптимального значения в пределах определенного

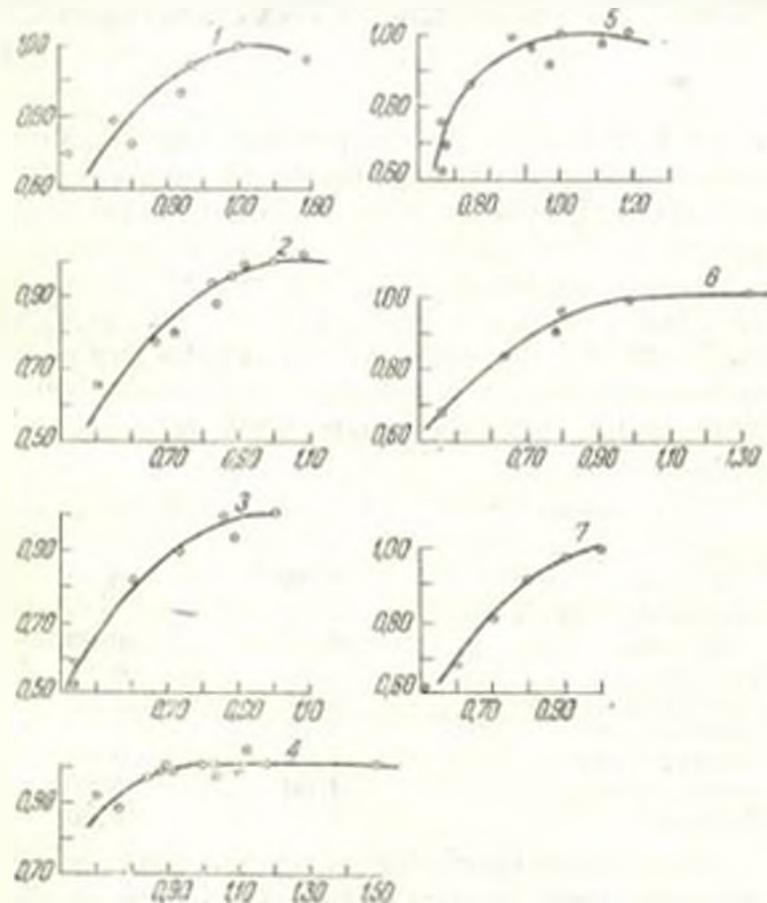


Рис. 2. Графики зависимости $\frac{Y}{Y_{\max}} = f\left(\frac{Q}{Q_{\max}}\right)$ для хлопчатника по данным опытных станций

(1 — Чимбайская, 2 — Бухарская, 3 — Чарджоуская, 4 — Акквидская, 5 — Голодностепская, 6 — Каршинская, 7 — средняя). Значения абсцисс соответствуют отношению $\frac{Q}{Q_{\max}}$, ординат — отношению $\frac{Y}{Y_{\max}}$.

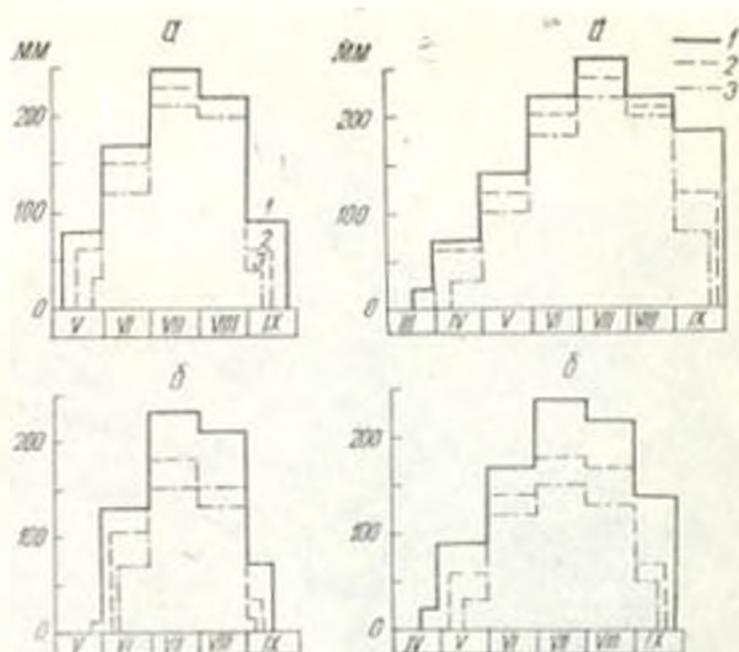


Рис. 3. Распределение оросительных норм хлопчатника (а) и люцерны (б) в третьем гидромодульном районе в почвенно-климатических зонах

(1 — ю II, 2 — ц-II, 3 — с-II).

Рис. 4. Распределение оросительных норм хлопчатника (а) и люцерны (б) в гидромодульных районах пояса ц-II-B

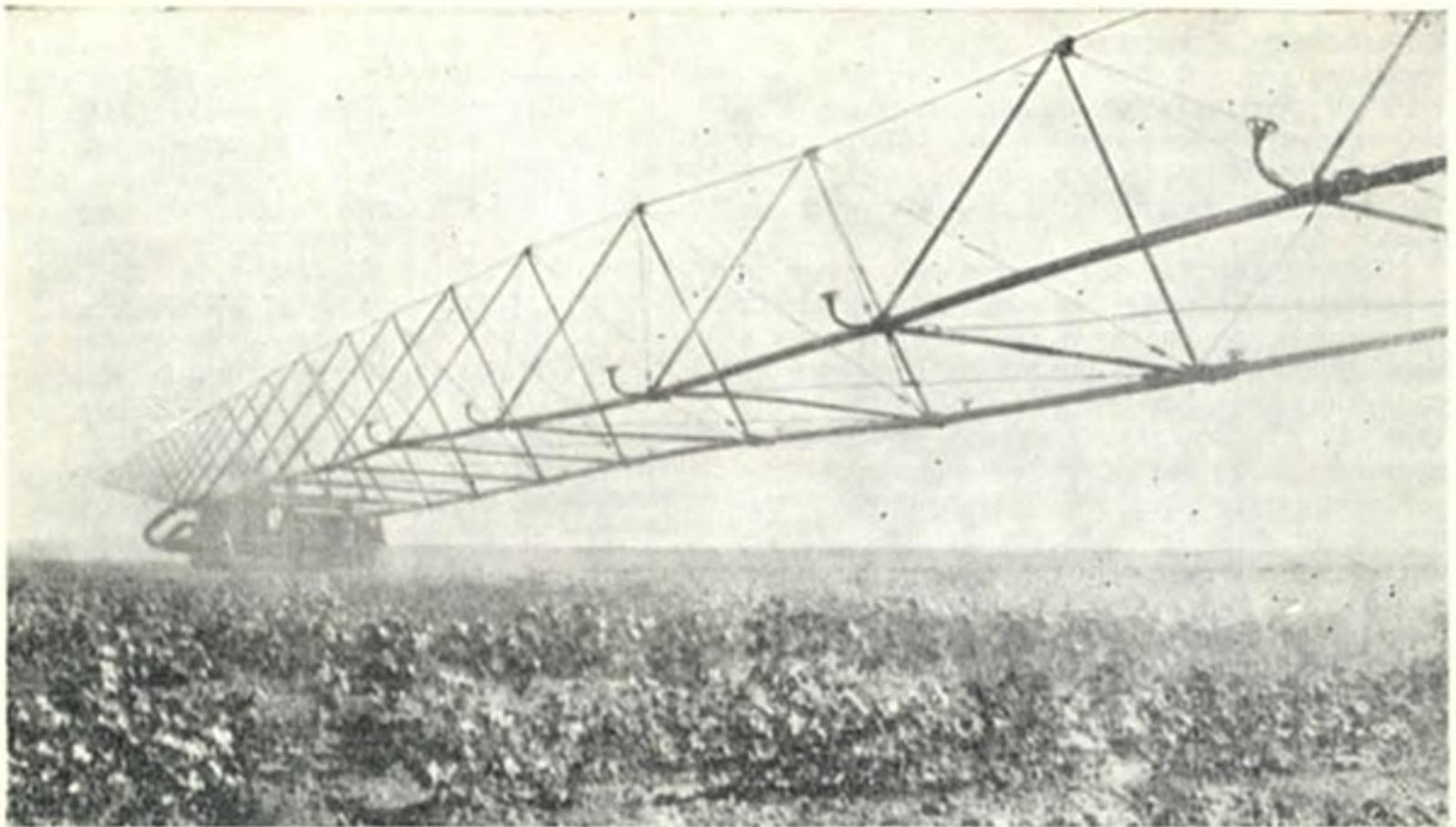
(1 — третий, 2 — пятый, 3 — седьмой).

диапазона, согласно кривой зависимости, мало влияют на величину урожая, чему в большой мере способствует приспособляемость растений к создаваемому водному режиму. Однако такой диапазон в критические фазы развития растений очень ограничен, что обуславливает необходимость строгого регулирования в эти периоды режима влажности почвы.

Нижняя граница оптимальной влажности зависит от видовых и сортовых особенностей растений, водно-физических свойств почв, агротехнического фона и др. Эта влажность может колебаться от 50—60% ППВ для легких почв до 75—80% для тяжелых.

Поливы в течение вегетационного периода распределяются соответственно физиологическим потребностям в оросительной воде сельскохозяйственных культур по фазам их развития.

Начало и конец оросительного периода и распределение оросительных норм во времени (рис. 3, 4) устанавливаются по данным изучения режимов орошения на опытных станциях, опорных пунктах, а также по фенологическим наблюдениям сети государственных сортоучастков и метеостанций, материалам системных управлений и др. Кривые потребления воды многолетними культурами (люцерной, плодовыми и др.) конформны кривым распре-



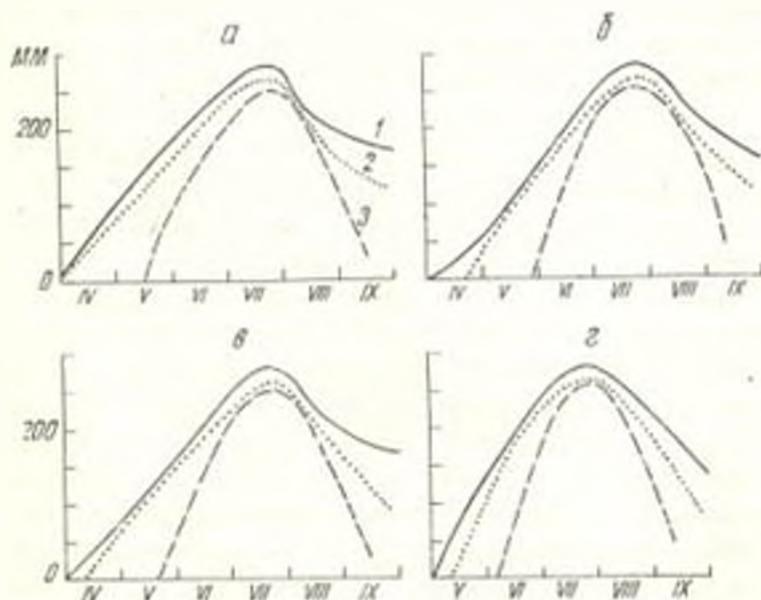
Дождевальная установка ДДА—100 м.

деления дефицита влаги. Кривые же водопотребления хлопчатника и других однолетних культур строятся в зависимости от темпов роста и накопления сухого вещества (рис. 5).

Оросительные нормы устанавливаются в соответствии с существующей техникой полива, современными агротехническими приемами

Рис. 5. Зависимость распределения оросительных норм хлопчатника и люцерны от дефицита влажности в почвенно-климатических зонах:

а — зона пустынь, б — пояс типичных сероземов, в — пояс светлых сероземов, г — пояс темных сероземов; 1 — дефицит влажности, мм, 2 — люцерна, 3 — хлопчатник.



и особенностями районированных сортов. Фактические оросительные нормы по водохозяйственным районам сильно колеблются по сравнению с расчетными, что обуславливается в основном водоносностью систем. Отношения (средние за 5 лет по данным ОбЛУОС за 1965—1970 гг.) плановых и фактических величин водозабора при расчетной, равной 1,00, к расчетным оросительным нормам оказались следующими:

Система	Плановый	Фактический
Кашкадарьинская (до 1973 г.)	0,90	0,75
Самаркандская (до 1971 г.)	0,90	0,80
Бухарская	0,75	0,65
Сурхандарьинская	0,91	1,22
Хорезмская	1,02	1,33
Андижанская	1,00	0,85
Ферганская	1,00	0,80
Ташкентская	1,00	1,00

На маловодных Кашкадарьинской и Самаркандской системах плановый водозабор составляет около 90% расчетного, а фактический 75—80%, а на особо маловодной Бухарской системе (до строительства Аму-Бухарского канала) соответственно 75 и 65%. Избыточным водозабором (на 20—30%), являющимся, по существу, величиной поверхностного сброса, отличаются Сурхандарьинская, Хорезмская оросительные системы и КК АССР.

Андижанская и Ферганская системы при плановом водозаборе, полностью соответствующем расчетному, фактически недобирают 15—20% воды. В Ташкентской области плановый и фактический водозабор соответствуют расчетному, однако отклонения от средних значений могут достигать 20% и более.

Нормы и сроки проведения невегетационных поливов устанавливаются исходя из их назначения, водно-физических свойств, солевого режима почв и агротехники возделывания сельхозкультур.

Влагозарядковые поливы производятся тогда, когда атмосферные осадки невегетационного периода не обеспечивают нужных запасов влаги в почве для получения нормальных всходов и развития растений в первый период вегетации. Время проведения влагозарядковых поливов определяется погодными условиями. В пустынной зоне, характеризующейся большой сухостью и вследствие этого трудностью сохранения влаги осенне-зимних поливов, влагозарядковые поливы под однолетние культуры планируются на весенний период.

Влагозарядковые и промывные поливы в поясе сероземов производятся в осенне-зимний период. Расчетная глубина промачивания слоя почвы при влагозарядковых поливах — до ППВ.

Норма влагозарядковых поливов (M) устанавливается по разности между полевой влагоемкостью (P) и запасами влаги в почве (Z), сохраняющимися на зимний период, с учетом испаряемости (E) и осадков (O) по следующему уравнению:

$$M = (P - Z) + (E - O).$$

Величина испаряемости за декабрь — март практически не зависит от освоенности территории и мало изменяется по почвенно-климатическим поясам одной широтной зоны, отличающимся количеством выпадающих осадков.

Нормы промывных поливов, являющихся одновременно влагозарядковыми, рассчитаны тем же путем, но с увеличением их в зависимости от промываемости и подверженности засолению.

Исходные данные для расчета и районирования режимов орошения устанавливаются по



Полив хлопчатника жестким трубопроводом.

изыскательским материалам, положенным в основу почвенно-мелиоративного районирования, и материалам экспериментальных исследований, положенным в основу установления коэффициентов, выражающих отношение оросительных норм к дефициту влаги и показателям почвенно-мелиоративных условий. Таким образом, можно разработать расчетную систему, исключающую субъективизм в решении вопросов нормирования орошения. В соответствии с этим одной из главных задач развития и совершенствования такой системы нужно считать расширение исследований и накопление данных по установлению оптимальных норм орошения для различных природно-хозяйственных зон и районов.

Под водопользованием в орошаемом земледелии понимают планирование и осуществление организационно-технических мероприятий по транспортированию и распределению воды между хозяйствами-водопользователями (межхозяйственное водораспределение), а также обеспеченне водоподачи до поливных участков и проведение поливов (внутрихозяйственное водопользование). Оба эти раздела взаимосвязаны и влияют друг на друга.

По научной изученности и достигнутому прогрессу уровень межхозяйственного водораспределения на современном этапе стоит выше уровня внутрихозяйственного водопользования.

Работы, которые входят во внутрихозяйственное водопользование, наиболее сложны, потому что организация и проведение поливов связаны со многими сторонами сельскохозяйственного производства, являются частью общего агротехнического процесса выращивания сельскохозяйственных культур.

До 1932 г. земледелие в Узбекистане основывалось на ручном труде. Поливы повсеместно осуществлялись затоплением или по джоякам (глубокие грядки). В эксплуатации старых оросительных систем основные трудности ощущались при водозаборе и водораспределении между хозяйствами. Использование воды в хозяйствах было несложным и основывалось на многовековых трудовых навыках.

В результате введения планирования в сельхозпроизводство, реконструкции старых оросительных систем, уменьшения числа хозяйств на основе коллективизации и укрупнения межхозяйственное водораспределение стало более четким и управляемым. Несмотря на значительное улучшение, водопользование в хозяйствах все еще продолжает оставаться наиболее сложной частью системы. Совершенство организации и техники полива — по-прежнему одна из главных задач повышения производительности орошаемого земледелия,

снижения затрат труда, экономии оросительной воды, улучшения плодородия земель и повышения урожайности.

Первые работы по изучению элементов водопользования были начаты еще до революции уже упомянутой Гидромодульной частью и продолжены позднее, в 1920—1925 гг., Бюро исследований Средазводхоза, а впоследствии САНИИРИ и СоюзНИИИ.

В состав САНИИРИ (тогда ОИИВХ) входили Отдел эксплуатации ирригационных систем и Опытно-оросительная часть, которые вели изучение водопользования экспедиционным путем (руководитель — Н. А. Янишевский). Экспедиции отдела исследовали водопользование на массивах площадью 200—300 га, очень тщательно изучали фактические поливные нормы, режим орошения сельскохозяйственных культур, технику полива, потери по внутрихозяйственной сети. В результате гидрологических и гидромодульных исследований накоплен большой материал, послуживший обоснованием научной разработки водопользования и проектирования оросительных систем. В 1926—1927 гг. в САНИИРИ под руководством Н. А. Янишевского была разработана методика планового водопользования на оросительных системах Средней Азии.

МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Для научного обоснования планового деления оросительной воды между хозяйствами необходимы две важнейшие предварительные проработки: с одной стороны, нужно иметь установленный при многолетнем изучении расчетный режим — гидрограф источника орошения (река) и прогноз его на предстоящий сезон; с другой стороны, требуется утвержденный (или оптимальный) режим орошения основных сельскохозяйственных культур и его районирование по территории, подкомандной данной оросительной системе.

Установление расчетного гидрографа источника орошения относится к области гидрологии и гидрометеорологии и проводится общезвестными методами. Обычно за гидрограф расчетного года принимается год 75%-ной обеспеченности¹, а в некоторых случаях (на маловодных источниках) год 50%-ной водообеспеченности.

Режим орошения основных сельскохозяйственных культур по гидромодульным районам (зонам с идентичными условиями орошения) и территориальное размещение этих районов по площади оросительной системы составляется научно-исследовательскими институтами, рассматривается МСХ УзССР, ММиВХ УзССР и утверждается правительством республики.

Из всей документации по режиму орошения в расчеты плана вододеления входят плановые нормы нетто (на полях), сроки поливов и удельное водопотребление (на 1 га) — гидромодуль, вычисляемый по известной формуле А. Н. Костякова:

$$q = \frac{m}{t - 86,4} \text{ л/с на 1 га,}$$

где m — расчетная поливная норма нетто, м³/га,

t — продолжительность очередного полива, сут,

86,4 — число секунд в сутках, тыс.

Для составления плана нужно знать не только частное значение гидромодуля, например, его максимальное значение из укомплектованного графика, но и ряд декадных значений каждой сельскохозяйственной культуры в каждом гидромодульном районе, которые даются в виде табличной календарной формы.

Перечень культур, по которым ведется раздельный подсчет водопотребления в плане, включает хлопчатник, травы, зерновые (без риса), сады, виноградники, овощные и бахчевые культуры, рис, приусадебные; остальные культуры объединяются как прочие. Это первый исходный документ плана.

Второй исходный документ — таблица привязки площадей сельскохозяйственных культур к каналам. Обычно каждое хозяйство получает воду по 2—3 точкам выдела воды из межхозяйственного канала, находящегося в ведении УОС. Территория хозяйства включает не более 3—4 гидромодульных районов. В таблице привязки площади каждого хозяйства, согласно сельхозкультурам и гидромодульным



Диспетчерская на Учкурганском улье на р. Нарине.

районам, распределяются (привязываются) по точкам выдела воды хозяйству из межхозяйственного канала.

Техника расчета планов хорошо известна специалистам водного хозяйства, занимающимся вопросами водопользования, поэтому ограничимся перечнем операций и показателей, рассчитываемых в плане.

1. По декадным гидромодулям и площадям вычисляются необходимые расходы нетто на полях.

2. С учетом потерь во внутрихозяйственных каналах посредством нормативного КПД определяются расходы воды брутто хозяйств, которые для последнего звена межхозяйственных каналов одновременно будут являться составляющими расходов нетто по отношению к межхозяйственным каналам.

3. Суммированием расходов хозяйства по узлам вододеления или гидротехническим участкам межхозяйственного канала (по принципу снизу вверх по течению) определяются последовательные расходы нетто межхозяйственных каналов по узлам (участкам).

4. С учетом потерь воды на фильтрацию в руслах межхозяйственных каналов (по многолетним данным) последовательно определяют нарастающие расходы по каналам оросительной системы (снизу вверх). Расходы брутто нижнего участка (звена) системы являются расходами нетто вышерасположенного участка. Расходы по промежуточным створам и в головках каналов-распределителей и магистрали сравнивают с пропускными способностями. Если потребный расход превышает пропускную способность, в последующих расчетах принимается расход, равный пропускной способности. По такому принципу продолжают расчет расходов до головы магистрального канала.

¹ В последние годы за расчетную обеспеченность в зонах резко засушливого климата принимается 90%. (Примечание редактора.)

5. Если оросительная система включает в себя несколько магистральных каналов на одном источнике орошения (реке), то к сумме необходимых расходов магистральных каналов добавляются фактические потери (по многолетним данным) от последнего узла на реке до опорного гидрометрического поста, располагаемого обычно при выходе реки из гор. Именно для створа реки этого поста имеется расчетный режим источника орошения (гидрограф).

6. Потребный расход всей ирригационной системы сравнивается с расчетным расходом источника орошения. Получается коэффициент водообеспеченности системы (К).

7. При низкой водообеспеченности системы за весь вегетационный период ($K < 0,85$) можно изменить плановое водопотребление на полях (уменьшить поливные нормы, сократить число поливов) и провести повторный расчет.

Без большой погрешности плановый расход хозяйству можно определить исходя из принятого в первом варианте расчета плана расхода этого хозяйства и полученного К по приближенной формуле

$$Q_{\text{пл. уст}} = Q_{\text{пл. план}} K^{1,133}.$$

8. Для нужд оперативного водораспределения вычисляется доля воды каждого хозяйства от суммарной водоподачи всем хозяйствам системы или от расхода в голове магистрального канала.

Все вычисления ведутся по вертикальным столбцам, только водохозяйственные расчеты, связанные с регулированием стока источника орошения водохранилищами, проводятся по горизонтальной строчке табл. 7.

Промежуточные и результативные показатели плана выражаются в виде рядов величин, показывающих изменение их во времени (строчки таблицы), т. е. ряды состоят, как правило, из среднедекадных показателей.

Алгоритм расчета плана водораспределения прост и включает использование нескольких элементарных формул:

Таблица 7

Стандартная форма расчетов планов водопользования

Показатели плана (наименование канала, хозяйства, сельхозкультур, нумерация гидромодульных районов, площади, расходы нетто, КПД или потери, расходы брутто)	Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III

(Эта часть формы приспособляется к задачам расчета и структуре оросительной сети конкретной системы.)

(В этой части формы последовательно горизонтальными строчками записываются ряды (цифры) среднедекадных показателей плана водопользования, расходы нетто, КПД или потери, расходы брутто по каналам системы, начиная снизу вверх по течению до головы магистрального канала.)

1) расчет расхода нетто для хозяйства или его точки выдела:

$$Q_{\text{нетто}} = \sum_1^n \sum_1^l q_{\omega},$$

где q — декадные гидромодули,
 ω — площади,

1, n — индексы сельскохозяйственных культур,

1, l — индексы гидромодульных районов;

2) расчет расхода брутто на всех ступенях системы при помощи коэффициента полезного действия (η) хозяйства, канала или участка канала:

$$Q_{\text{бр}} = \frac{Q_{\text{нетто}}}{\eta}$$

или

$$Q_{\text{бр}} = \frac{\sum Q_{\text{нетто}}}{\eta};$$

3) при наличии данных о фактических потерях в каналах S

$$Q_{\text{бр}} = Q_{\text{нетто}} + S \text{ или } Q_{\text{бр}} = \sum Q_{\text{нетто}} + S.$$

иногда потери могут принимать отрицательные значения (выклинивания в руслах заглубленных каналов);

4) расчет коэффициента водообеспеченности системы:

$$K = \frac{Q_{\text{возможное}}}{Q_{\text{норматив}}};$$

5) расчет доли хозяйства (%) от суммарной водоподачи всем хозяйствам на системе:

$$d = \frac{Q_{\text{хозяйства}}}{\sum Q_{\text{потребное всех хозяйств}}} \cdot 100.$$

В 1928—1930 гг. Узводхозом, должными и системными УОС и САИИРИ были проведены большие работы по внедрению планового распределения воды на ряде систем Узбекистана. Внедрение носило одновременно характер широких производственных исследований,

позволивших уточнить и несколько упростить методику составления планов. В исследованиях принимали участие не только специалисты СНИИРИ, но и местные специалисты-энтузиасты.

В 1931—1935 гг. плановое водораспределение, разработанное специалистами и практиками водного хозяйства Узбекистана, было внедрено. Несколько позднее оно стало носить характер обязательного государственного мероприятия на всех оросительных системах СССР.

План водораспределения на ряде систем осуществляется относительно просто, на некоторых же системах очень сложно, что связано с трудностями, обусловленными характером режима источника орошения. Во-первых, фактический расход реки в конкретный год не может точно соответствовать принятым в плане декадным расходам расчетного гидрографа, во-вторых, в течение дней декады и часов суток расход колеблется, т. е. фактический коэффициент водообеспеченности — величина, меняющаяся во времени.

Для количественной оценки колебания расходов источника орошения, а также расходов в важнейших створах системы (голова магистрального канала, головы распределителей, точки выдела воды хозяйствам) автором предложен показатель постоянства расходов, определяемый разностью между единицей и статистическим коэффициентом изменчивости ряда наблюдаемых за декаду расходов

$$P_1 = 1 - \frac{\sqrt{\frac{(\sum Q_{\text{факт}} - Q_{\text{ср}})^2}{n}}}{Q_{\text{ср}}}$$

где $Q_{\text{ср}}$ — среднеарифметический расход за n наблюдений в декаду;

$Q_{\text{факт}}$ — фактический расход за каждое наблюдение.

Представление о степени колебаний расходов и соответствующих им показателей P_1 дано на рис. 6. С помощью этого показателя оросительные системы по трудности планового распределения воды разделяются на два типа.

Первый тип — системы, использующие только часть расхода источника (Дальверзин, Кировский магистральный канал, Ташсака и т. п.). Показатель P_1 для систем этого типа получается выше 0,97. Водообеспеченность таких систем высокая и заранее известна. К этому же типу относятся системы на источниках орошения с зарегулированным стоком. Водообеспеченность их может быть недостаточной, но при оперативном водораспределении всегда известна заранее, поэтому плановое водополе-

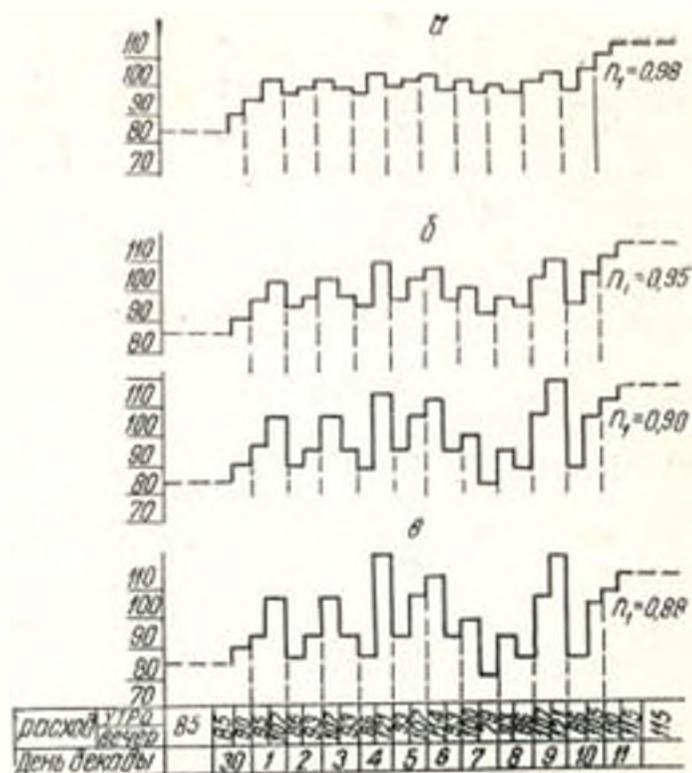


Рис. 6. Показатели качества подачи воды хозяйству (P_1 — постоянство расходов):

а — хорошая подача, $P_1 > 0,97$; б — посредственная, $P_1 = 0,97$; в — неудовлетворительная, $P_1 < 0,97$.

ние на указанных системах осуществлять относительно легко.

Второй тип — системы с незарегулированными источниками (реками), в которых вся вода реки большую часть вегетационного периода полностью разбирается на орошение. P_1 на этих системах меньше 0,9, водообеспеченность непостоянна и заранее неизвестна, поэтому плановое водораспределение на таких системах осуществлять очень трудно.

Есть, конечно, и системы промежуточного характера, которые в некоторые периоды можно отнести к системам первого типа, а в другие — к системам второго типа.

Строгое выполнение государственными оросительными предприятиями основных показателей утвержденного плана водораспределения можно было бы разъяснить следующим образом:

«выполнение плана водоподачи какому-либо хозяйству» — значит осуществление подачи в количестве (стоке, среднем расходе) и времени (например, за все дни вегетационного периода) в точном соответствии с утвержденным планом;

«выполнение плана водораспределения по оросительной системе» — значит осуществление подачи по плану для всех хозяйств оросительной системы.

Однако такая жесткая оценка деятельности УОС по результатам деления постоянно изменяющегося во времени тока воды между

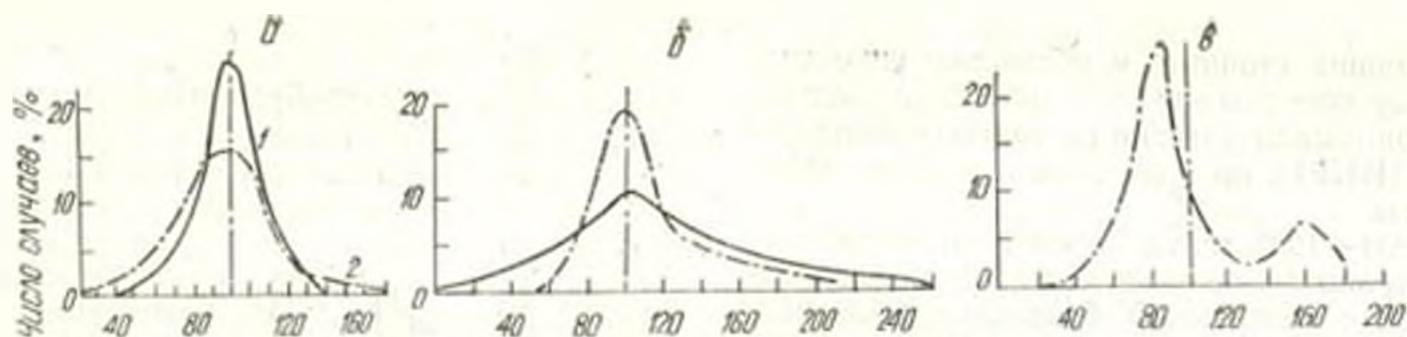


Рис. 7. Кривые распределения декадных показателей выполнения планов водоподачи (размер и повторяемость отклонений от плана):

1 — 1966 г., 2 — 1970 г.; а — Нарпайская система, $\lambda = 0,40$, б — Дальверзйская система, $\lambda = 0,27$, в — Гузарская система.

хозяйствами-водопользователями неприемлема. Техническое несовершенство систем и недостаточная точность исходных данных, положенных в расчет плана водопользования, вполне позволяют подачу воды хозяйству за определенный период в пределах от 90 до 110% плана считать допустимой, не влекущей за собой отрицательных последствий для хозяйств-водопользователей. Основная задача водodelения оросительных систем, диспетчерской и линейной служб заключается в практическом осуществлении такого водораспределения на системе, которое бы наиболее соответствовало составленному плану водораспределения. Полного соответствия между плановыми и фактическими показателями по подаче воды хозяйствам во все декады планируемого периода достичь невозможно. Однако отклонения в подаче воды хозяйствам должны быть нормированы.

САННИРИ предложил оценивать качество водораспределения на оросительных системах, исходя из удельного веса случаев водоподачи, укладывающихся в интервале от 90 до 110% плана, используя следующие показатели:

P_2 — отношение числа хозяйств, получивших воду за вегетационный период в пределах 90—110% плана, к общему числу хозяйств на системе.

P_3 — отношение числа случаев подачи воды хозяйствам в пределах 90—110% плана к общему числу случаев; последнее равно произведению числа хозяйств в системе на число декад отчетного периода (вегетационного, невегетационного).

При принятом допущении соответствие практического водodelения плановому можно считать идеальным, если показатели P_1 , P_2 и P_3 равняются единице. Однако в производственных условиях достичь такого соответствия пока не удается, особенно на оросительных системах второго типа, на которых пока-

затели, как правило, значительно ниже единицы. Обычная величина показателей $P_1 = 0,90-0,98$, $P_2 = 0,50-0,60$,* $P_3 = 0,25-0,40$. Приведенные показатели — это не количественное выполнение плана подачи воды в сток, а качественная оценка деятельности УОС по водораспределению. Например, $P_3 = 0,50$, это означает, что в 50% случаев подача воды хозяйствам осуществлялась в пределах 90—110% плана, а в другой половине случаев она была менее 90% плана или более 110%. Величина и частота отклонений от плана связаны определенной закономерностью, близкой к кривой нормального распределения (рис. 7).

Системы первого типа по простоте управления, получаемой точности и качеству водораспределения, а, следовательно, и по степени полезного использования воды самого источника орошения и непосредственно в хозяйствах несравненно совершеннее систем второго типа.

Постройка головных водозаборных сооружений, обеспечивающих гарантированный водозабор в систему, постройка специальных каналов для переброски воды из многоводной системы в маловодную (кольцевание систем) и водохранилищ, реконструкция систем — вот мероприятия, которые проведены в республике для развития орошения, повышения водообеспеченности, улучшения качества водораспределения на системах и водопользования в хозяйствах.

В результате этих мероприятий забор воды из рек в магистральные каналы осуществляется значительно легче; стабилизировались головные расходы этих каналов; как правило, выполняются и даже значительно

* Величина P_2 в настоящее время, по данным МВХ УзССР, наблюдениям ВНИИГИМа и других исследовательских служб, значительно выше, колеблется от 85 до 100% на различных системах в нормальные годы. (Примечание редактора.)



Узел водораспределения в хозяйстве.

перевыполняются планы забора и подачи воды в сток за вегетационный период. До 1970 г. возрастали оросительные нормы брутто и только в последние годы они стабилизировались на уровне 15—16 тыс. м³/га.

Однако повышение водообеспеченности еще не означает улучшения качества водораспределения. На основании последних данных, полученных СМШИРИ, можно отметить, что хотя качество водораспределения по сравнению с прошлыми десятилетиями и улучшилось, но еще не достигло желательного уровня, т. е. нормативных значений показателей $\Pi_1 > 0,97$, $\Pi_2 > 0,75$, $\Pi_3 > 0,667$.

Для улучшения водораспределения имеются еще очень большие резервы. В первую очередь, следует повысить дисциплину водораспределения для достижения более высоких значений Π_1 , Π_2 и Π_3 .

Дальнейшее повышение качества водораспределения должно вестись на основе полного зарегулирования стока всех используемых на орошение рек, применения современных методов и технических средств автоматики, телемеханики и вычислительной техники. В этом направлении уже сделаны первые шаги (см. гл. XI). Скоро водораспределение на оросительных системах будет осуществляться АСУ.

Внедрение АСУ — мероприятие сложное и, очевидно, будет проходить поэтапно. На первом этапе АСУ должна вести автоматическое распределение воды между хозяйствами на основе принятого плана поделения, наличия воды в связанных между собой источниках орошения и в водохранилищах, обеспечить

реализацию юридического права водопользователей на причитающуюся долю воды. Следующие этапы будут включать в себя динамический учет объективных потребностей хозяйств в оросительной воде на межхозяйственное водораспределение, т. е. обратную связь хозяйство — источник орошения.

ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

В первые годы коллективизации колхозы имели очень небольшие площади, примерно по 100—150 га. Посевы были поделены по бригадам размерами 15—20 га. Хлопковые поля состояли из маленьких поливных участков, не приспособленных к тракторной обработке. Колхозники не называли их, как сейчас, «участок номер...» или «севооборотное поле...», а «земля такого-то».

Практика проведения поливов, естественно, не сильно отличалась от предшествовавшего периода. В первые годы коллективизации расходы воды колхозами и бригадами были относительно малыми. В бригаде вода распределялась одновременно для полива нескольких мелких участков. Вместо полива хлопчатника затоплением постепенно стал внедряться полив по затопляемым бороздам. Так как размеры участков (длины борозд) были незначительными, а сами участки хорошо сданырованными, то фактически поливные нормы составляли примерно 900—1000 м³/га.

После коллективизации спустя 2—3 года на староорошаемых землях началось переустройство полей и мелкой внутрихозяйственной оросительной сети. Процесс этот длится до наших дней. В 30-х годах ставилась задача наиболее простым и быстрым способом приспособить поля к работе тракторов — укрупнить поливные участки без достаточной планировки поверхности полей. В 50-х годах, когда проводился так называемый переход на «новую систему орошения», основное внимание обращалось не только на укрупнение поливных участков, но и на то, чтобы придать участкам более правильную конфигурацию, улучшить поверхность полей, более широко внедрить временную оросительную сеть внутри участков (ок-арыки). Теперь реконструкция полей и внутрихозяйственной сети проводится на основе составления генеральных планов реконструкции всей территории хозяйства и технико-рабочих проектов на части территории, подлежащей реконструкции в предстоящий строительный сезон (ноябрь — март). В генеральных планах реконструкции предусматривается создание крупных полив-



Полив хлопчатника по бороздам.

ных участков правильной геометрической формы, планировка под топографические поверхности, близкие к наклонной плоскости, армирование всей внутрихозяйственной сети гидротехническими сооружениями и возможность внедрения в ближайшем будущем более прогрессивной техники полива.

Одновременно с процессом реконструкции территории хозяйства (иригационная сеть и поля) происходило поэтапное укрупнение хлопководческих хозяйств и полеводческих бригад по площади и численности коллектива, а также количественный и качественный рост механизации хлопководства. Эти обстоятельства, естественно, отразились на технике полива и внутрихозяйственном водопользовании.

Исследованиями внутрихозяйственного водопользования, проведенными САИИРИ и СоюзНИИХИ в конце 30—начале 40-х годов, установлено чрезмерное распыление воды в хозяйстве на мелкие токи. Даже в бригадах полив одновременно осуществлялся в 2—3 местах. Это обуславливало низкий КПД хозяйственных гидромелиоративных систем, плохое тракториспользование из-за многочисленных холостых проездов с одного поля на другое; было рекомендовано внедрение планового водопользования на основе межбригадного водооборота.

В 1948—1955 гг. САИИРИ продолжены широкие исследования внутрихозяйственного водопользования. В ряде передовых хозяйств

республики поставлены многолетние опыты по внедрению внутрихозяйственного плана водопользования. Эти исследования подтвердили выявленные ранее недостатки, но в несколько ослабленной форме в связи с увеличением площадей полеводческих бригад. Кроме того, были выявлены и следующие важные обстоятельства.

В результате укрупнения поливных участков, удлинения поливных борозд, широкого распространения разновидности бороздкового полива, получившего название «полив по глубоким бороздам малой струей», сильно возросли фактические поливные нормы. Стали обычными нормы 1500—1800 м³/га, в то время как в расчетах планов водопользования по-прежнему принимались плановые нормы 700—900 м³/га.

Несмотря на повышение водообеспеченности оросительных систем и увеличение удельного водозабора (оросительные нормы брутто) на 10—15%, продолжали ощущаться напряженность в проведении поливов, недостаток оросительной воды. Большие фактические поливные нормы снижали темпы полива, уменьшали общее число поливов за вегетацию, что отражалось на равномерности водного режима полей.

Поскольку в тот период тракторный парк принадлежал МТС, количество тракторов было недостаточным, тракториспользование между бригадами было неупорядоченным.

Ввиду малой площади полеводческих бригад не было возможности закрепить пропашной трактор за каждой бригадой.

Определенные трудности в налаживании водопользования и тракториспользования возникали также из-за звеньевой организации труда. Посевы хлопчатника в бригаде на площади 35—40 га делились на 4—5 звеньев, но в некоторых хозяйствах строгое соблюдение звеньевой организации приводило к спорам и недоразумениям в пользовании водой и тракторами внутри бригад.

Межбригадный водооборот, как правило, нигде не применялся. Субъективно это обосновывалось желанием бригадиров иметь свой постоянный ток воды и применительно к нему организовывать ручные работы в бригаде. Внедрению межбригадного водооборота мешало также сохранение хуторской системы расселения, при которой требовался постоянный пропуск небольшого расхода воды почти по всем каналам для бытового водоснабжения.

Отмечены многочисленные случаи несоответствия фактической водоподачи плановой, особенно в хозяйствах, расположенных в низовых участках систем, что дезорганизовывало ход полевых работ, снижало КПД иригационной сети хозяйства и коэффициент использования воды на полях (КИВ).

Полеводческим бригадам в вегетационный период нужно иметь достаточно гарантированную и стабильную водоподачу. По возможности точное соблюдение утвержденных планов водораспределения между хозяйствами — одно из условий налаживания водопользования внутри хозяйства.

Теперь в хозяйствах пропашные трактора на вегетационный период стали закрепляться за полеводческими бригадами, площадь посева хлопчатника в которых постепенно возросла до 100—200 га и более. Эти меры значительно улучшили водопользование и тракториспользование в хозяйствах. Уже можно считать освоенной практику одновременного полива в бригаде в одном месте, что раньше называлось «внутрибригадным водооборотом», а сейчас «сосредоточенным поливом». В редких случаях поливают в бригаде одновременно два поля. Достаточное количество пропашных тракторов и независимое их использование в полеводческой бригаде позволили исключить случаи несвоевременности послеполивной тракторной культивации, нарезки борозд, внесения удобрений. Это, несомненно, можно считать большим достижением в области водопользования.

Крупные полеводческие бригады уже создали условия для правильного водопользования в хозяйствах. В передовых хозяйствах, имеющих крупные полеводческие бригады, организация поливов весьма рациональна. Можно считать, что водопользование осуществляется на научных основах; однако они сводятся к соблюдению весьма элементарных следующих правил:

в период массовых поливов хлопчатника каждая полеводческая бригада получает воду постоянным током,

в апреле, мае, сентябре и в большинстве месяцев невегетационного периода осуществляется очередное пользование водой между бригадами (водооборот),

при водообороте устанавливаются следующие минимально допустимые расходы воды: полеводческим бригадам 50 л/с, садово-огородным 20—25 л/с, рисовым участкам и другим хозяйственным подразделениям 20—25 л/с, поселку 25 л/с.

При водообороте делится не вода, поступающая в хозяйство, а время пользования водой на основании оперативных распоряжений.

Во всех случаях, т. е. при водообороте и водораспределении постоянным током, вся вода в полеводческой бригаде подается на полив одного участка, т. е. не допускается распыления воды в бригаде. Для этого организовываются специальные звенья поливальщиков и их сменная работа. Такая организация поливов в хозяйствах по сравнению с 50-ми годами является уже серьезным качественным скачком во внутрихозяйственном водопользовании. Благодаря большему сосредоточению воды КПД бригадной оросительной сети повысился минимум на 10—15%; но, самое главное, без такой организации поливов трудно правильно вести механизированное хлопководство.

Распределение воды в хозяйствах между бригадами и поливными участками проводится пока вручную. Не исключено влияние субъективных факторов. Многие институты ведут опыты по созданию средств и методов автоматизированного водораспределения, однако эти исследования еще далеки от завершения.

Самая сложная задача в повышении использования воды, подаваемой хозяйству для обеспечения высоких урожаев возделываемых культур, — достижение возможной своевременности полива большинства участков (полей), равномерное увлажнение поля при соблюдении плановых поливных норм. Нельзя сказать, что эта задача практически не ре-

шается или решается плохо, так как достигнут высокий уровень производства хлопка-сырца, до 30 ц/га в среднем по республике, а по передовым хозяйствам — и 40—45 ц/га. Однако для улучшения водопользования в хозяйствах и повышения урожайности нужно использовать невыявленные резервы.

Количество поливов в разных хозяйствах зависит и от природных условий, но пока еще режим увлажнения хлопковых полей недостаточно благоприятен для обеспечения повышенных урожаев. Для перехода с уровня урожайности в 30 ц/га на 40 необходимо повсеместно увеличить число поливов, хотя бы на один. Это уже не организационная, а сложная технологическая задача.

Увеличить число поливов можно только путем сокращения фактических поливных норм, т. е. посредством идеальной планировки поверхностей полей, применением автоматизации и механизации полива, резким увеличением производительности труда при орошении. Это сложная проблема, освещенная в специальной главе.

Наконец, рассмотрим проблему увязки во времени (синхронности) между подачей воды хозяйству и использованием ее на полях. В Узбекистане воды всегда было меньше, чем земли. Издавна считалось, что с большим трудом забранная из реки вода должна быть полностью использована на поливы. Практика орошения в условиях маловодья (до народных ирригационных строек 1938—1941 гг. оно было почти повсеместным) показала возможность выполнения этого требования, но в то время удельное водопотребление, брутто (на 1 га) было значительно меньшим, чем сейчас.

Раньше в условиях мелких поливных участков и малых токов воды при достаточном количестве поливальных и внимательном отношении к воде достигалась относительная синхронность колебаний режима источников орошения с водопотреблением на полях. Однако это не было наилучшим способом управления. При уменьшении количества воды, поступающей в хозяйство и бригаду, прекращался полив части участков, и наоборот. Низкая урожайность, кроме экстенсивности производства, обуславливалась недостаточной водообеспеченностью и несвоевременностью поливов.

Увязка водоподачи хозяйствам и бригадам полностью не решена до настоящего времени. Однако она становится не такой острой проблемой ввиду общего повышения водообеспеченности.

Потребность в воде полеводческой бригады не постоянна во времени, что обуславливается рядом причин. Рабочий ток воды у группы поливальных не постоянен, так как зависит от размера поливаемого поля и культуры. Если ставится цель достичь одновременного поспевания почвы для культивации, то на большее хлопковое поле рабочий ток нужен больший, чем на маленький поливной участок. На люцерновое поле ток нужен больший, чем на хлопковое такого же размера.

Начало полива поля — операция, в течение которой рабочий ток меняется скачками.

В хозяйствах, хорошо обеспеченных водой, в первую половину вегетации хлопчатника во избежание затопления молодых растений ночью подача воды на поле сокращается на одну треть, а то и на половину. Если поливальщик уходит с поля в 22 ч., а приходит в 6 ч. утра, это уже вызывает потери 10—15% подаваемой на поле воды. Излишки воды, возникающие в результате уменьшения расхода в бороздах в процессе полива, направляются в сброс.

Ожидание оптимального срока первого полива хлопчатника на большинство полей обуславливает чрезмерную потребность хозяйств в воде; появляется необходимость форсирования первого полива, а через некоторое время и последующих поливов. Между этими форсировками (пиками) появляются отрезки времени со значительно сниженной потребностью. Именно тогда вода используется плохо. Всякое резкое увеличение и даже снижение подачи воды хозяйству вызывает непроизводительные потери воды.

И, наконец, наблюдаются и сейчас сбросы воды, вызванные неправильным водопользованием, слабой дисциплиной водопользования, особенно на высокообеспеченных системах. Такие организационные потери и потери, обусловленные технологией проведения бороздкового полива на крупных полях, вызывают несоответствия во времени водоподачи в хозяйствах и использовании воды на полях. Эти потери в большой мере зависят от водообеспеченности систем.

При водообеспеченности хозяйств, равной 70% к плану, эти потери составят 1% от получаемой воды, соответственно при 80—3%, при 90—5%, при 100—8%, при 110—12%, при 120—18%, при 125—20%.

Организационные потери практически отсутствуют в хозяйствах на системах с низкой водообеспеченностью (север Кашкадарьи, Зарафшан и др.), но достаточно велики в хозяйствах систем с высокой водообеспечен-

ностью (Амударья, Чирчик, Ферганские системы). В хозяйствах, хорошо обеспеченных водой, ведется довольно демократическое водопользование «по требованию» благодаря форсированному водозабору из источников орошения.

Организационные потери можно отнести к неизбежным. В неявной форме их учитывают, снижая нормативные значения внутрихозяйственного КПД и осуществляя сверхплановую подачу воды. Увеличение водозабора вызывает необходимость излишнего запаса в системах (большие сечения каналов, трубопроводов, увеличение мощности дренажа), т. е. рост капитальных вложений и ежегодных издержек по эксплуатации. Это экстенсивный путь развития ирригации.

Сбрасываемая вода смешивается с дренажной. Если сброшенная вода с народнохозяйственной точки зрения полностью не пропадает, то все равно снижается ее качество. С этим обстоятельством в будущем мириться невозможно. Появятся технические приемы, позволяющие значительно снизить такие потери. Среди них следует назвать внедрение средств автоматизации водораспределения и полива, использование АСУ. Пока средства гидравлической автоматизации режима работы каналов по верхнему и нижнему бьефам ввиду большой инерционности процесса и длинного пути к головным водохранилищам при отсутствии более близко расположенных регулирующих механизмов ликвидировать организационные потери не могут.

Технически наиболее простыми мерами снижения и использования организационных потерь будут сооружение аккумулирующих емкостей в хозяйствах и на системах, введение систем повторного использования воды, перекачиваемой насосами, концевые сбросы вышерасположенной системы (магистральной), передающие излишки воды в нижерасположенную (без потери командования) или в реку по специальному тракту (без смешивания с минерализованной водой), сбросные тракты системы хозяйство — река.

Немаловажное значение имеют и организационные меры: начинать первый полив хлопчатника следует несколько ранее в расчете на то, что к оптимальному сроку примерно треть посевов уже получит первый полив; важно соблюдать дисциплину водопользования, вести поливы ночью, в праздничные дни; водопользователи должны своевременно заявить УОС о предстоящем снижении потребностей хозяйства в воде, что особенно полезно на системах с водохранилищами.

Внедрение АСУ водопользования в хозяйствах — процесс сложный. Современный уровень хозяйственного водопользования и оснащение внутрихозяйственных ирригационных систем без коренной реконструкции их и внедрения автоматизации или механизации поливов не позволяет пока ставить такую задачу.

Поскольку водопользование в хозяйствах тесно связано с другими сельскохозяйственными работами, было бы неправильным создавать узкоспециализированные АСУ хозяйств только по водопользованию. Должны создаваться хозяйственные АСУ оптимизации управления агротехническим процессом всего хозяйства. Эти комплексные АСУ должны иметь выход на АСУ межхозяйственного водораспределения оросительной системы. АСУ хозяйства должны, во-первых, составлять оптимальный прогноз хода агротехнических работ на ближайшие дни; во-вторых, посылать в АСУ системы заявки на необходимое количество воды; в-третьих, получать от АСУ системы надежные сведения о предстоящей водоподаче хозяйству в зависимости от складывающихся на системе обстоятельств; в-четвертых, повторно рассчитывать краткосрочный план агротехнических работ в хозяйстве и выдавать соответствующие команды.

АСУ хозяйства должна учитывать, что нельзя первый полив на всех полях выполнить в оптимальные сроки. В АСУ хозяйства должно быть заложено требование соблюдения определенного ритма хода поливов и других работ в зависимости от возможностей как самого хозяйства, так и оросительной системы.

Только в отдаленной перспективе можно ждать решения такой сложной задачи, как осуществление водораспределения и полива на основе точного и непрерывного учета объективных физиологических показателей, складывающихся на поле. Трудности решения этой задачи заключаются не только в ее кибернетической сложности, в недоработанности надежных датчиков или электроники, но и в непригодности современных ирригационных систем к работе в таком сложном режиме. Конечно, можно построить на площади 100 га экспериментальную систему такого рода, пойти на большую форсировку водоподачи в нее по сравнению с обычными форсировками, на малое использование водоводов во времени, на сбросы воды, т. е. фактически на низкий КПД. Но пока трудно вообразить такую систему, напоминающую городской водопровод, на миллионах гектаров и предста-

жить, чем она будет полезнее народному хозяйству по полноте использования мутной оросительной воды, ежесекундно текущей в реках.

СТЕПЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Степень использования оросительной воды в народном хозяйстве оценивается различными КПД. Общезвестен КПД ирригационных систем. Он равен отношению воды, поданной на поля, к забору воды в голове системы из источника орошения; одновременно этот КПД равняется произведению КПД межхозяйственной ирригационной сети на КПД внутрихозяйственной ирригационной сети. Знание фактических значений этого КПД очень важно для объективной оценки степени совершенства систем, а также для реальности планирования водопользования и осуществления справедливого водораспределения.

Для оценки использования воды непосредственно на полях САНИИРИ предлагает ввести понятие КПД техники полива. Он равен отношению водопотребления поля (эвапотранспирации) с первого полива до конца вегетации к подаче воды на поле (оросительной норме).

Произведение КПД ирригационных систем на КПД техники полива дает КПД системы орошения, который служит объективным критерием использования оросительной воды. Разность между единицей и этим КПД показывает относительную величину потерь воды от головного водозабора до эвапотранспирации.

Повышение КПД межхозяйственной сети зависит от темпа работ по ее реконструкции, упорядочения этой сети, развития антифильтрационных мероприятий, а также от уровня зарегулированности речного стока, так как потери в сети меньше при стабильных расходах, забираемых в системы из водохранилища, чем при случайных резко меняющихся расходах.

Повышение КПД внутрихозяйственной сети и КПД техники полива зависит от темпа проведения комплекса работ по переустройству (в этот комплекс включаются упорядочение планового положения хозяйственной сети, сокращение ее протяженности, антифильтрационные мероприятия, внедрение прогрессивной техники полива и дренажа).

Изменения различных видов КПД с 1930 по 1975 г. и прогноз дальнейшего роста КПД до возможного максимума показаны на рис 8. Снижение значений КПД внутрихозяй-

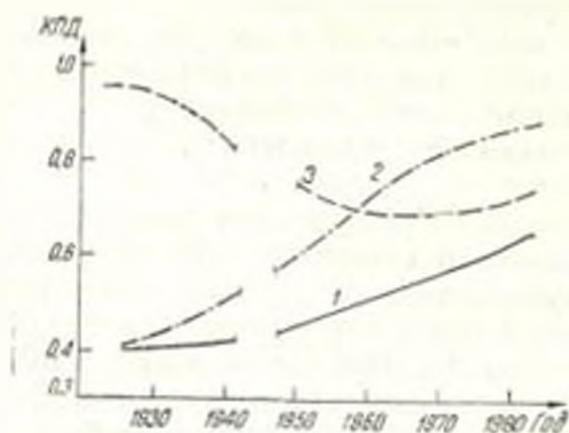


Рис. 8. Прогнозируемый КПД оросительной сети:

1 — КПД всей системы от головного водозабора до поля (0,85) — возможный максимум; 2 — КПД межхозяйственной сети (0,95), 3 — КПД внутрихозяйственной сети (0,80).

ственной сети с 1930 по 1965 г. объясняется сначала резким увеличением площади хозяйств (коллективизация) и постепенным укрупнением совхозов и колхозов. С увеличением площади хозяйств растет протяженность оросительной сети и соответственно сокращается протяженность межхозяйственных каналов, обслуживаемых управлениями государственных оросительных систем. До коллективизации среднее дехканское хозяйство имело площадь 1,5—2 га. Потери в мелкой хозяйственной сети были малы, они не учитывались в гидромодульных исследованиях 20-х годов и даже не входили в расчет при определении КПД систем того времени; потери воды в них включались в замеряемые водосливами поливные нормы.

Быстрое возрастание КПД межхозяйственной сети со значения примерно 0,42* в 1925—1930 гг. до значения 0,65 в 1955 г. объясняется не только сокращением удельной протяженности межхозяйственной сети, но и большими работами по реконструкции оросительных систем, которые непрерывно велись органами водного хозяйства.

Примерно в 1955—1960 гг. размеры хозяйства по площади стабилизировались. Дальнейшее возрастание КПД межхозяйственной сети до современного уровня 0,85 — результат интенсивных работ по реконструкции государственных систем, включая бетонирование межхозяйственных каналов. Общие затраты на совершенствование систем с 1950 по 1975 г. по Узбекской ССР ориентировочно оцениваются суммой в 2 млрд. руб.

КПД ирригационных систем, равный произведению двух выше рассмотренных

* Оценка Н. А. Ялишевского по результатам исследований бывшего ОИВХ (САНИИРИ), проведенных под его руководством в те годы.

Таблица 8

Использование оросительной воды при современном состоянии и в перспективе, % от головного водозабора при современном положении

Показатель	Современный уровень			Перспективный уровень			Отношение перспективного уровня к современному
	% или доля	используемые	безвозвратные	% или доля	используемые	безвозвратные	
I. Использование воды в верхних системах							
Забор из источников орошения	100	—	—	85	—	—	0,85
Потери в межхозяйственной сети	15	14,5	0,5	4,3	4	0,3	0,29
фильтрация и испарение	14	13,7	0,3	3,85	3,65	0,2	0,27
технические сбросы	1	0,8	0,2	0,45	0,35	0,1	0,45
КПД межхозяйственных систем	0,85	—	—	0,95	—	—	1,12
Подача воды хозяйствам	85	—	—	80,7	—	—	0,95
Потери во внутрихозяйственной сети	25	23,7	1,3	8,7	8,2	0,5	0,35
фильтрация и испарение	18	17,6	0,4	7,4	7,1	0,3	0,41
организационные сбросы	7	6	1	1,3	1,1	0,2	0,20
КПД внутрихозяйственной сети	0,71	—	—	0,89	—	—	1,25
Технический КПД ирригационной сети	0,60	—	—	0,845	—	—	1,41
Подача воды на поля	60	—	—	72	—	—	1,20
Потери на полях	20	10,9	9,1	10	8,3	1,7	0,5
испарение в процессе полива	1,8	—	1,8	1,7	—	1,7	0,94
фильтрация в грунтовые воды	8,9	8,9	—	8,3	8,3	—	0,93
сбросы при поливах	9,3	2,0	7,3	—	—	—	Нет
КПД техники полива	0,667	—	—	0,86	—	—	1,29
КПД системы орошения	0,40	—	—	0,727	—	—	1,82
Поступление в корнеобитаемый слой на эвапотранспирацию	40	—	—	62	—	—	1,55
Площадь системы брутто, %	100	—	—	100	—	—	1
Поднимаемые земли	60	—	—	80	—	—	1,33
Неосвоенные земли	40	—	—	20	—	—	0,5
Среднее значение КЗИ	0,6	—	—	0,8	—	—	1,33
Отношение удельного испарения неиспользуемых для орошения земель к водопотреблению используемых поливных земель	0,5	—	—	0,4	—	—	0,8
Испарение с неиспользуемых земель (за счет грунтовых вод)	—	-13,3	+13,3	—	-6,2	+6,2	0,46
Возвратные воды (дренажные, выходящие в руслах, прямые сбросы) и общие потери на непроизводительное испарение	—	35,7	24,3	—	14,3	8,7	0,40, 0,36
II. Учет изменений водозабора в системах среднего и нижнего течения рек*							
Водозабор из возвратных вод	35,7	—	—	14,3	—	—	0,40
Водозабор за счет экономии воды в результате переустройства вышерасположенных систем	—	—	—	15,0**	—	—	—
Итого	35,7	—	—	29,3	—	—	0,82
В продолжении расчета показатели от 2-го до 14-го остаются прежними, но 100% будут уже составлять величины 35,7 и 29,3							
Подача воды на эвапотранспирацию	14,3	—	—	21,3	—	—	1,49
Орошаемая площадь в низовых системах, % от площади верхних систем брутто	21,4	—	—	27,6	—	—	1,29
Неиспользуемые сбросы, подземный отток за пределы и непроизводительное испарение	—	12,7	8,7	—	5***	3	0,39/0,34
Орошаемые площади, сумма долей по поднимаемым землям в верхних и низовых системах при современном уровне и в перспективе	81,4	—	—	107,6	—	—	1,32
То же, %	100	—	—	132	—	—	1,32

Показатель	Современный уровень			Перспективный уровень			Отношение перспективного уровня к современному
	к или доли	используемые	безвозвратные	к или доли	используемые	безвозвратные	
Народнохозяйственное значение коэффициента использования водных ресурсов (без учета потерь в поймах рек, водохранилищах и межреспубликанских каналах)	0,543	—	—	0,833	—	—	1,53

* К ирригационным системам низовья Амударьи, к зоне орошения Каракумского канала этот раздел таблицы не относится. Для них расчет окончен.

** Эти 15% сэкономленной в результате переустройства воды могут остаться и в верхних системах при наличии земель, но результат расчета от этого не изменится.

*** Использование этой воды повышенной минерализации (сброса) не учитывается в запас расчета.

КПД, систематически повышался с 0,4 до современного значения 0,6 (рис. 9).

КПД техники полива в индивидуальных дехканских хозяйствах был очень высоким — 0,95—0,98. Площадь хозяйства в 1,5—2 га обычно делилась на делянки размерами от 0,1 до 0,25 га. Поскольку делянки были малы, а поверхность их идеально спланирована под горизонтальную плоскость, полив осуществлялся нормами 800—900 м³/га и достаточно быстро (за 1—2,5 часа). Потерь на сбросы и фильтрацию ниже корнеобитаемого слоя не было. Потери на испарение в процессе полива не превышали 2—5% поливной нормы. Несколько завышенные потери в 5% — это случай, когда подача воды хозяйству была неустойчива: вода то подавалась, то прекращалась из-за неупорядоченности межхозяйственного водораспределения.

С 1930 по 1960 г. КПД техники полива систематически снижался до 0,65. Объясняет-

ся это укрупнением размеров поливных участков и переходом на бороздковый полив. Укрупнение поливных участков не сопровождалось достаточной планировкой их поверхностей, созданием доброкачественного микро-рельефа. На полях сохраняется излишне протяженная и сложная по конфигурации сеть временных оросителей, что связано с потерями воды на фильтрацию, со снижением КПД и КЗИ пахотной площади поля.

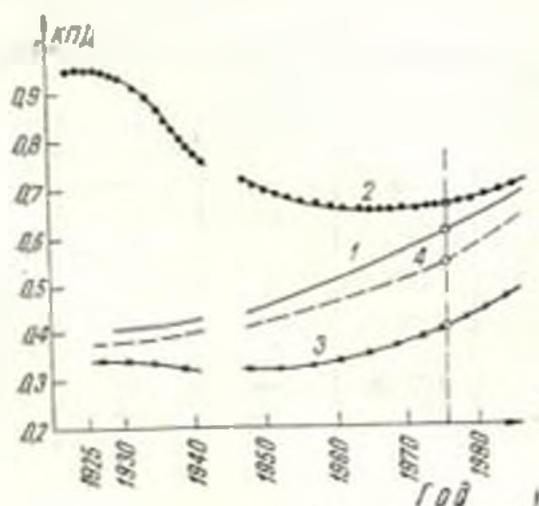
С 1961 г. началось освоение земель с совершенными оросительными системами (Голдодная степь и другие массивы). КПД техники полива на этих системах стал более высоким — 0,7—0,72, что отразилось на постепенном повышении средневзвешенного значения КПД техники полива по республикам до 0,67 в 1975 г. Дальнейшее повышение КПД всех видов, особенно КПД техники полива, требует громадных капиталовложений.

Первый шаг по повышению КПД требует меньших затрат и более эффективен по отдаче, чем каждый последующий. Повысить КПД, например, с 0,50 до 0,51 легче, чем с 0,61 до 0,62.

Примерно 6,5 млрд. руб. потребуется на комплексное переустройство внутрихозяйственной сети и полей, включая затраты не только на переустройство непосредственно внутрихозяйственных каналов и сооружений, но и на планировку полей, внедрение прогрессивной техники полива, закрытого горизонтального и вертикального дренажей с повторным использованием грунтовых вод на орошение. Такое распределение капитальных вложений на реконструкцию межхозяйственных и внутрихозяйственных систем объясняется тем, что удельная стоимость внутрихозяйственного переустройства (2,5—3 тыс. руб./га) значительно больше удельной стоимости реконструкции межхозяйственных систем (0,6—0,7).

Рис. 9. Ход изменения КПД различных видов:

1 — КПД системы от головного водозабора до полей (0,85 — перспективный максимум). 2 — КПД техники полива (0,85). 3 — КПД системы орошения от головного водозабора до эвапотранспирации (0,73). 4 — КПД в народнохозяйственном значении, учитывающий повторное использование возвратных (сбросных) вод (0,83).



По эффективности использования водных ресурсов завершение реконструкция межхозяйственных систем может поднять КПД максимум на 10 пунктов (с 0,85 до 0,95), комплексное же переустройство внутрихозяйственных систем, включая внедрение новой техники полива, поднимает КПД внутрихозяйственной сети на 18 пунктов (с 0,71 до 0,89) и одновременно КПД техники полива на 19 (с 0,67 до 0,86). Произведение этих КПД дает коэффициент использования оросительной воды непосредственно в хозяйствах. Этот коэффициент с 0,48 возрастает до 0,77, т. е. увеличивается на 29 пунктов.

Рассмотрим показатели использования воды в современном состоянии и в перспективе по УзССР. По данным табл. 8 видно, что имеются еще большие резервы в использовании наличной оросительной воды.

Рассмотренные КПД можно дополнить еще одним важным показателем — коэффициентом использования оросительной воды (КИВ_{н.х.}) как народнохозяйственного ресурса.

Не все потери воды в оросительной сети и на полях безвозвратны. Значительная часть их возвращается в реку и повторно используется на нижерасположенных системах. Правда, качество этой воды несколько снижается. КИВ определяется по формуле:

$$\text{КИВ}_{\text{н.х.}} = \text{КПД}_{\text{сист.ор.}} (1 + \Delta),$$

где Δ — доля используемых ниже по течению возвратных вод в системе по отношению к ее водозабору.

В низовых системах, например в нижнем течении Амударьи, где коллекторно-дренажный сток отводится в пустыню или сбрасывается в море, Δ равняется нулю, а КИВ в народнохозяйственном значении равен КПД системы орошения.

В результате реконструкции систем и внедрения прогрессивной техники полива сокращается Δ , но в большей степени увеличивается КПД системы орошения, поэтому КИВ в народнохозяйственном значении повышается.

Многовековая история развития техники орошения сельскохозяйственных культур на территории Узбекистана характеризовалась постепенным совершенствованием так называемых поверхностных способов полива (затопление, напуск, по бороздам и джоякам), основанных на распределении и регулировании струй воды, стекающих под действием силы тяжести (самотеком) по поверхности почвы или искусственным земляным руслам.

Важная особенность применения поверхностных способов полива — предварительная подготовка поверхности поля: планировка, устройство каналов и валков. Для полива затоплением производится горизонтальная планировка поверхности делянок (чеков), ограждаемых земляными валками. Для всех остальных способов ведется планировка с сохранением естественного уклона поверхности.

По данным Н. А. Шарова, до революции 53% площади, занятой хлопчатником, поливалось затоплением и 45% по джоякам. На зерновых посевах и люцерне затоплением поливалось 90% площади и напуском 10%.

Свидетельством широкого распространения полива затоплением в районах, где орошение издавна получило значительное развитие, служит сплошное террасирование поверхности в долинах рек Зарафшана и на системах в среднем и нижнем течении Амударьи. Разновидности полива напуском преобладали на ирригационных системах с менее интенсивной формой хозяйства.

С начала 30-х годов в связи с внедрением рядкового посева, междурядной механизированной обработки и значительным расширением площадей под хлопчатником полив по бороздам стал основным способом полива на всей орошаемой площади. Люцерну и другие непропашные культуры поливают напуском, а на землях с очень малым уклоном —

затоплением. Оно применяется также на посевах риса и для промывки засоленных земель.

За последние несколько десятилетий прогресс в технике орошения характеризуется улучшением и частичной автоматизацией поверхностных способов полива путем планировки поверхности, удлинения поливных борозд, применения более совершенных технических средств для выпуска воды в борозды и замены участковой распределительной сети лотками, трубопроводами, а оросительной сети — гибкими передвижными шлангами. Используются также передвижные поливные машины с гибкими шлангами.

Однако успехи в области совершенствования конструкций низовых звеньев ирригационной сети, техники распределения воды внутри хозяйства на поле и увлажнения почвы недостаточны. Площадь, на которой применяется новая техника полива, пока еще мала. Полив с помощью гибких шлангов получает распространение только на новых ирригационных системах.

Дождевание в Узбекистане не получило распространения ввиду резко выраженной аридности климата с значительным превышением испаряемости над осадками, интенсивно протекающих процессов засоления, необходимости давать большие поливные и оросительные нормы, проводить запасные и промывные поливы в невегетационный период (когда использование машин затруднено). Оно находится в стадии производственного испытания и опытного внедрения. Ведется также производственное испытание внутрипочвенного орошения.

При больших затратах ручного труда, значительных потерях воды на фильтрацию и сбросы весьма остро стоит задача изучения и внедрения в производство более совершенной техники поверхностного полива, совершенствования низовых звеньев оросительной сети, обо-

рудования ее инженерными сооружениями и средствами для частичной автоматизации регулирования расходов и горизонтов воды в каналах, деления воды и механизации полива с помощью машин.

В некоторых природных зонах возникают дополнительные трудности применения поверхностных способов полива. На адырах предгорий и в верхних частях подгорных наклонных равнин поверхностный полив создает опасность эрозии почвы и размыва сети, требует специальных работ по их защите. В этих условиях производительность труда поливальщика особенно низка, возрастает стоимость полива.

В противоположных природных зонах — низменных районах с очень малым уклоном поверхности, затрудненным оттоком грунтовых вод и засоленными или подверженными засолению почвами полив осложняется недостатком напора в сети и на поле, невозможностью использовать самотеком сбросную воду и необходимостью регулировать поливами одновременно и водный, и солевой режим почвы. Низкий КПД полива (отношение количества воды, удержанной в корнеобитаемом слое почвы, к количеству, поданному на поле во время полива) в этих условиях — главная причина подъема уровня грунтовых вод и связанных с этим последствий.

На ближайшее десятилетие планируется освоение площадей нового орошения, расположенных преимущественно на низменных равнинах с подверженными засолению почвами. Развитие машинного орошения связано во многих случаях с освоением земель с большим уклоном поверхности. Очевидно, на землях с большим уклоном найдет широкое применение закрытая оросительная сеть с разборными и гибкими поливными трубопроводами, а в условиях малых уклонов — защита оросительной сети от фильтрации, создание искусственных напоров насосными установками, аккумуляция сбросной воды и подача ее для повторного использования, поливные машины на участках с недостаточным командованием.

В условиях значительного увеличения площадей орошения и использования всех водных ресурсов в республиках Средней Азии основной задачей ирригации становится сокращение потерь оросительной воды и затрат труда на полив. В связи с этим оценка перспективной технологии полива должна основываться на таких показателях, как КПД полива, выработка поливальщика, затраты подаваемой воды на единицу продукции, общий хозяйственный и экономический результат орошения сельскохозяйственных культур.

Применявшаяся до революции техника полива соответствовала специфичной форме организации орошаемой территории (малые размеры хозяйства, распыленное землепользование, разбросанность участков различных культур, густая ирригационная сеть, обсаженная деревьями, постоянные межи, уступы террас) и технике возделывания сельскохозяйственных культур, основанной только на малопроизводительном ручном труде, как и в большинстве других районов интенсивного орошаемого земледелия юго-востока Азии.

Социалистическая реконструкция сельского хозяйства потребовала иной организации территории, переустройства ирригационной, дренажной, дорожной сетей, поселений, перехода к новой агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур и технике полива. Коллективизация сельского хозяйства, быстрая индустриализация страны, рост производства тракторов, сельскохозяйственных машин, минеральных удобрений и химических средств защиты растений, помощь города, развитие общего и технического образования позволили осуществить переустройство за очень короткий срок.

Однако темпы выполнения работ, входящих в комплекс переустройства территории, были не одинаковы, например, планировка поверхности укрупненных участков долго отставала вследствие недостаточного количества тракторов и ручной уборки урожая хлопка, которая затягивалась до наступления морозов.

Внедрение бороздкового полива было связано в первые годы с освоением техники и усовершенствованием простейших способов выпуска воды на поле с помощью дерна, бумажных оголовков, камышовых трубок и других приспособлений. Однако отставание работ по планировке поверхности приводило к необходимости применять короткие поливные борозды, увеличивало потери воды и затраты труда на полив.

В благоприятных условиях выработка поливальщика составляла на первом поливе 0,45—0,8 га/смену, на последующих 1,0—1,2, на землях с сложным рельефом соответственно 0,25—0,45 и около 1,0. В условиях быстрой механизации сельскохозяйственных работ в хлопководческих хозяйствах полив оказался самым слабым звеном. Общие затраты труда на полив за сезон достигали 10—30 чел/дней/га, что составляло 25—35% всех трудовых затрат по уходу за хлопчатником.

Небольшая длина борозд и малые расходы воды в борозду в течение долгого времени рекомендовались для всех природных условий

Узбекистана. Переход в 1955—1956 гг. к перекрестной обработке, уменьшение ширины междурядий с 0,7 до 0,60—0,45 м и глубины поливных борозд закрепило требование поливать малыми струями, что на землях с небольшим уклоном поверхности сильно ограничивало возможную длину борозды.

Требования к увеличению производительности труда поливальщика привели к необходимости удлинять поливные борозды. На некоторых землях это стало возможным во второй половине 60-х годов в связи с быстрым развитием механизации работ по планировке поверхности и внедрением широкорядных посевов. Одновременно это создало условия для перехода на полив с помощью гибких шлангов. На освоенных землях в Голодной степи этим способом поливается около 60% орошаемой площади. Одновременно начаты работы по механизации поверхностных способов полива. ГСКБ по ирригации разработало конструкции, осуществило изготовление и ведет внедрение поливных машин ПШН-165, ППА-165 и других марок. ППА-165 нашла применение на тех участках новых земель Голодной степи, где недостаток командования в оросительной сети затрудняет полив.

Многие организации (САННИРИ, САИМЭ, ВНИИМиТП) разрабатывают конструкции автоматизированных поливных лотков и ведут производственные опыты по их внедрению. В течение ряда лет велись производственные опыты по дождеванию хлопчатника машиной ДДА-100М в Голодной степи. Изучение полива дождеванием новыми широкозахватными машинами («Фрегат» и «Волжанка») проводится ГСКБ по ирригации, САННИРИ, СоюзНИХИ и САИМЭ. В 1970 г. Главсретадирсовхозстрой начал опытно-производственное изучение внутрипочвенного орошения хлопчатника в Голодной степи. Площадь внутрипочвенного орошения достигла 140 га.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ ПОЛИВА

Для достижения высокой эффективности полива очень важно правильно выбрать элементы техники и решить задачу механизации процесса распределения и выпуска воды на поле. При бороздковом способе элементы техники полива — величина расхода в борозду, длина борозды, продолжительность полива и поливная норма.

Увеличение длины борозды (и соответственно величины расхода) позволяет редко располагать питающие (выводные) каналы и уменьшить затраты труда на устройство и оп-

равку оголовков борозд, при этом уменьшается и сброс воды.

В первых экспериментах с поливом по бороздам ставились задачи проверки возможности применения этого способа для культуры хлопчатника, разработки простейших приемов регулирования подаваемых расходов и определения основных элементов техники полива в конкретных хозяйственных условиях того периода (П. Е. Старов, В. М. Романов, Г. И. Саенко, А. Е. Дудко, С. М. Кривовяз).

Эксперименты в начале 30-х годов показали возможность эффективного полива по бороздам и получения высоких урожаев хлопчатника. Они выявили необходимость очень тщательного регулирования величины подаваемого расхода, отвода и использования сбросной воды, а также показали возможность применения более длинных поливных борозд при соответствующей подготовке поверхности и оросительной сети.

Эксперименты по технике полива в течение длительного времени велись разнообразными методами, полученные материалы отражали разные природные и хозяйственные условия, что не позволяло установить общие закономерности.

В 1932 г. А. Н. Костяков предложил теорию и расчет поверхностных способов полива. Это способствовало углублению и значительному развитию методики экспериментальных работ и послужило толчком к дальнейшим теоретическим исследованиям. Привлечение теории к расчету полива позволило более точно определить элементы техники полива для разных природных условий и разработать рекомендации применительно к различным зонам.

Позже велось изучение полива по бороздам различной длины, разработка и испытание более совершенных способов регулирования горизонтов и расходов воды в оросителях, выпуска воды из каналов в борозды.

В совхозе им. Куйбышева на опытном и контрольном участках площадью 80 га экспедицией МГМИ в 1962 г. произведено сравнение полива по коротким и удлиненным бороздам. Приводим сравнительные данные:

	Опыт- ный уча- сток	Кон- троль- ный уча- сток
Длина поливных борозд, м	200—280	60—120
Протяженность временной оросительной сети, м га	68	178
Количество нарезаемых и заправляемых объединительных борозд, шт, га	7	40

Количество заправляемых поливных борозд, шт/га	40	101
КЗИ	0.985	0.951
Средняя производительность труда на поливе, чел.-день/га	1.17	0.75

Для выпуска воды в борозды изучались легкие переносные трубки и сифоны. Установка сифонов не требует нарушения дамбы канала и предварительного определения положения линии уреза воды в нем, однако сифоны могут заряжаться при случайном падении горизонта воды в канале.

О влиянии длинных борозд и способов выпуска воды в борозды на производительность труда поливальщика и стоимость полива можно судить по данным Х. Д. Санбова (табл. 9).

Для регулирования горизонтов и расходов воды в каналах изучались различные конструкции головных регуляторов, вододелителей и переносных перегораживающих сооружений — перемычек. Установлено, что только удлинение поливных борозд и улучшение техники выпуска воды в борозды не обеспечивают высокой производительности труда на поливе. Для достижения высоких показателей в сменной выработке, равной или близкой к таковой на механизированных сельскохозяйственных работах, необходимо создать условия, при ко-

Полив по бороздам сифонами и переносными перемычками.



Таблица 9

Эффективность полива при разных способах регулирования подачи воды и длине борозд

Показатель	Способ регулирования					
	чамом			сифонами		
	при длине борозд, м					
	100	200	300	100	200	300
Выработка поливальщика, га/смену	0.5	0.8	1.5	0.8	1.8	2.2
Стоимость 1 полива, руб./га	4.6	4.2	3.4	3.3	2.9	2.6
Стоимость полива 1 га за сезон, руб.	23.0	21.0	17.0	16.5	14.5	13.0

торых поливальщик мог бы легко управлять достаточно большим расходом воды, обеспечивая высокое качество полива.

В основу теоретических исследований по технике полива принимались различные схемы движения и впитывания влаги в почву и уравнение баланса поданной воды. Обычно рассматривается схема, в основу которой положено выделение двух существенно различных периодов: добегающего и доувлажнения. За первый период лоб струи проходит путь от головы до конца борозды за время t_1 . Количество впитавшейся воды в почву за это время убывает по длине борозды, а средняя поливная норма добегающего составляет m_1 . Во второй период продолжительностью t_2 достигается выравнивание влажности по длине борозды путем подачи дополнительной нормы m_2 (норма доувлажнения) так, чтобы $m_1 + m_2 = m$ была равна заданной поливной норме (рис. 10).

Сброс некоторого количества воды в конце борозд может быть частично повторно использован. В условиях малых наклонов это может быть связано с механическим подъемом и перекачкой сбросной воды. Нужная равномерность увлажнения по всей длине борозды может быть достигнута лишь при определенных значениях t_2/t_1 , m_2/m_1 .

В условиях Узбекистана для своевременной послеполивной тракторной культивации общая продолжительность полива по борозде $t = t_1 + t_2$ весьма ограничена (1—2 суток). Жесткие пределы величины t и m допустимых колебаний отношений t_2/t_1 , m_2/m_1 облегчают определение различных элементов техники полива, прежде всего длины борозды. Ее можно определить как путь, который будет пройден лбом стекающей в борозде струи при оптимальных значениях t_1 и m_1 . Для расчета техники полива необходимо установить следую-

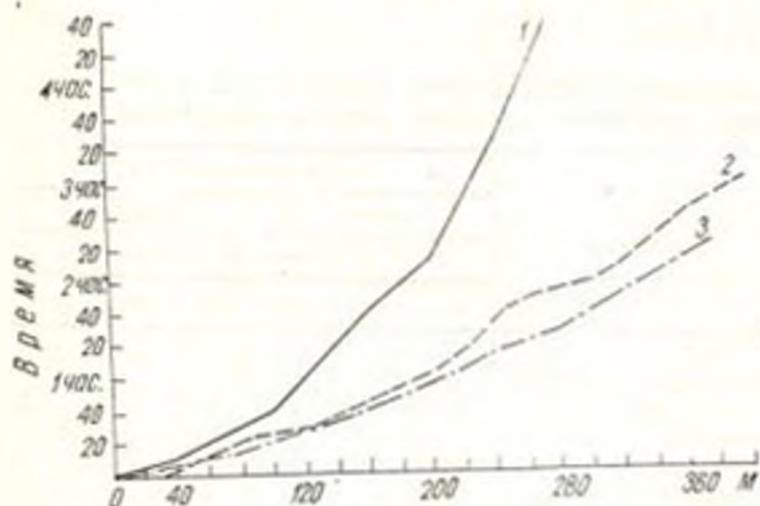


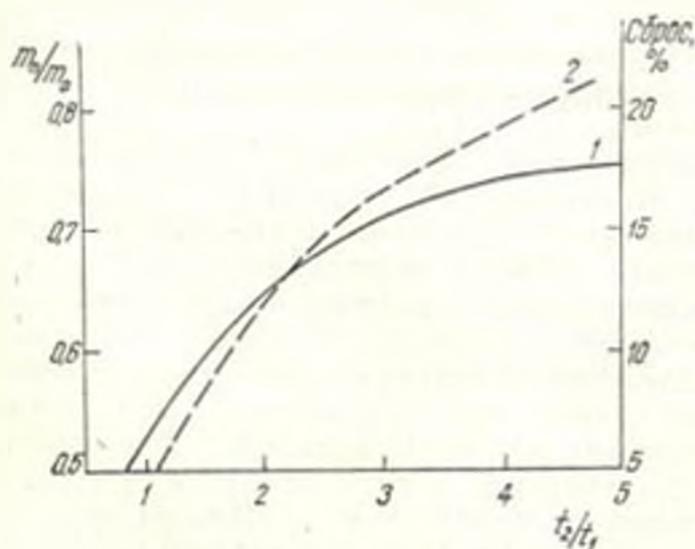
Рис. 10. Зависимость длины пути, пройденного струей в борозде, от времени:

1 — первый полив, $q = 1,5$ л/с, 2 — второй, $q = 2$, 3 — третий, $q = 3$ л/с.

щие элементы: оптимальную величину расхода в борозду в период добега q_1 , зависимость между расстоянием, пройденным лбом струи, и израсходованным временем t_1 , длину поливной борозды при значениях t_1 и m_1 , выбранных из условий заданной равномерности увлажнения по длине борозды (рис. 11).

Опыты по технике полива включали изучение оптимальных размеров струй, скорости их поступательного движения (добегания), характера распределения количества впитавшейся воды по длине борозд, определение величины сброса, наблюдения за развитием растений и их урожайностью. Методика разрабатывалась и совершенствовалась в течение многих лет. Обычно опытный участок, включавший группу борозд, оборудовался водомерами для учета поступающей и сбросной воды.

Рис. 11. Равномерность увлажнения (1) и сброс (2) при разном соотношении продолжительности периодов добега и доувлажнения.



Канал, из которого вода подавалась в борозды, расширялся и превращался в успокоительный бассейн, в котором поддерживался постоянный горизонт, контролируемый по рейкам, что обеспечивало одинаковый и постоянный расход воды в опытных образцах. По длине борозд разбивались створы, оборудованные рейками, отметки которых связывались нивелировкой, для замеров поперечных сечений борозд, горизонтов (отметок) воды и времени добега струи.

Результаты этих исследований позволили определить допустимые расходы в поливных бороздах в целях получения возможно более длинных борозд. Удалось установить, что границей, ниже которой уже не происходит эрозия почвы, является для большинства местных почв уклон поверхности около 0,003.

При уклоне больше 0,003 допустимая величина расхода может быть определена из эмпирической зависимости

$$q = \frac{A}{\alpha}, \text{ л сек,}$$

где α — постоянная величина, близкая к единице.

Для луговых и лугово-сероземных почв с более высоким содержанием органического вещества и водопрочных агрегатов полученный по формуле расход должен быть увеличен на 20—30%.

При уклоне меньше 0,003 величина допустимого расхода определяется пропускной способностью борозды и поэтому зависит также от возможной глубины борозды (следовательно, ширины междурядий) и точности планировки поверхности. Для борозд параболического сечения пропускная способность может быть определена из зависимости

$$q = 1,28 \sqrt{t h^3}, \text{ л сек,}$$

где $h = 0,6H - 2\Delta$ см,

H — глубина борозды от поверхности гребня до дна, см,

Δ — точность планировки поверхности, см.

Приведенные зависимости определяют допустимую (оптимальную) величину расхода в бороздах для всего диапазона уклонов, встречающихся в практике полива. Проверка этих зависимостей в опытах на новых землях Голодной степи позволила определить следующие допустимые расходы в борозды при широких междурядьях и тщательности планировки ± 5 см: при уклоне дна борозды, равном 0,005, допустимый расход воды в борозду составил 1,5 л/с, соответственно при 0,003—

2,5—3,0, при 0,001—2,0—2,5, при 0,0005—1,5—2,0, при 0,0002—1,0—1,5.

Большие расходы в бороздах возможны на уклонах 0,0005—0,005. Ниже и выше этого предела возможная величина струй весьма заметно уменьшается вследствие снижения пропускной способности борозд или из-за опасности эрозии почвы.

В этих же опытах изучались и все остальные элементы техники полива для определения возможности полива по длинным бороздам (рис. 12).

Результаты совместных экспериментальных и теоретических исследований показали, что оптимальная длина поливной борозды в значительной мере зависит от величины допустимого расхода воды в борозду на землях с разным уклоном, а также от проницаемости почвы. Доказано, что для полива по бороздам длиной 400—500 м необходимы значительно большие, чем рекомендовались раньше, расходы и что, следовательно, такая длина возможна на указанных выше уклонах (0,0005—0,005).

Определена также ширина междурядий, которая нужна для поделки борозд достаточных габаритов и глубины, чтобы обеспечить пропуск по бороздам допустимых расходов воды. Так, междурядья шириной 45 см ограничивают допустимые расход и длину борозды при уклоне поверхности меньше 0,007, а междурядья 60 см ограничивают эти элементы при уклоне 0,003 и меньше. Для пропуска нужных расходов на уклонах 0,001—0,002 ширина междурядий должна быть не меньше 80 см, а на меньших уклонах — 90 и 100 см.

Установлено, что чем меньше уклон поверхности, тем более высокие требования необходимо предъявлять к тщательности и точности планировки и что подготовка поверхности для полива по длинным бороздам обычно требует больших срезов земли, которые допустимы лишь на землях с достаточно мощным мелкоземистым покровом. Следовательно, мощность и характер покровных отложений могут также ограничивать возможности полива по длинным бороздам. Обнаружено, что при поливе по длинным бороздам на землях с малым уклоном очень трудно или практически невозможно достаточно точно регулировать (постепенно уменьшать) величину струй, подаваемых в борозды, что рекомендуется в целях уменьшения сброса воды и затопления хвостовой части поля.

Трудности возникают в связи с тем, что скорости движения струй по бороздам весьма различны вследствие неизбежной разницы в проницаемости почвы и уклонов на больших

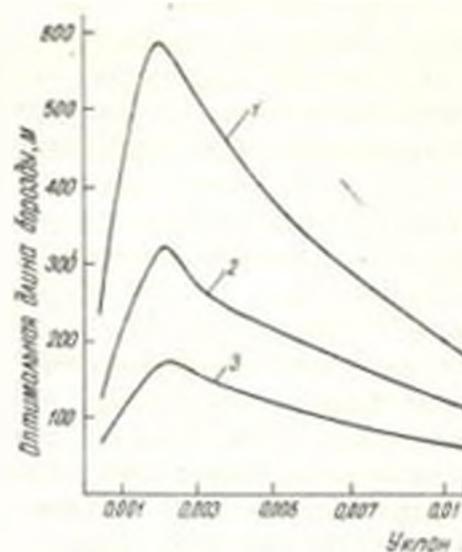


Рис. 12. Длина борозды в зависимости от характера почвы и уклона поверхности:

1 — слабопроницаемая почва, 2 — среднепроницаемая, 3 — сильнопроницаемая.

участках, а также неодинакового уплотнения почвы при тракторной культивации (2 борозды уплотняются задними колесами, одна передним и две не уплотняются). В результате создается необходимость индивидуального регулирования расхода в головах борозд.

Время от начала регулирования расхода до обнаружения его влияния на нижней части поля при длинных бороздах с малым продольным уклоном велико и может сильно меняться в разную часть суток в зависимости от температуры почвы и воздуха. При длине борозд 400—500 м необходимо иметь поливальщики как в голове, так и в нижней части поля, а связь между ними на таком расстоянии крайне затруднена.

Один из возможных выходов в условиях малых уклонов — подача в борозды постоянного начального расхода воды в течение всего полива, сбор, аккумуляция сбросной воды и повторное ее использование с помощью машинной перекачки.

В условиях крупного механизированного хлопководческого хозяйства возникли и особые, весьма существенные требования поливать за 1—2 суток участки площадью не менее 8—12 га для эффективной послеполивной тракторной культивации и уменьшения потерь воды из почвы. Чтобы выявить оптимальную площадь поливных участков, в границах которых должны быть увязаны процессы полива и обработок, проведены весьма обширные исследования, давшие ценные результаты.

Большое значение в улучшении полива по бороздам (полосам) из открытых оросителей и выводных каналов имеет правильная орга-

низания внутрихозяйственного водопользования и труда. Работы на поливе должны быть построены так, чтобы подготовка всей оросительной и сбросной сети, установка переносных сооружений, заправка оголовков борозд трубками или сифонами производилась в дневное время суток, а ночной полив требовал бы минимального участия поливальщика. Этого можно достигнуть, когда поливальщику обеспечены постоянный расход в течение определенного времени, необходимые сооружения, надежная оросительная сеть, своевременный ее ремонт, поддержание ее в порядке и систематическое выравнивание поверхности полей. В подготовительных работах участвует обычно вся бригада поливальщиков. Для наблюдений за поливом на подготовленном крупном участке может оставаться один рабочий.

ВНЕДРЕНИЕ БОЛЕЕ СОВЕРШЕННОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Практические работы и изучение техники полива по бороздам из открытых каналов в земляном русле показали, что в оптимальных для этого способа полива природных условиях можно достичь очень высокой производительности труда поливальщика — 4—5 га/смену при обязательном осуществлении комплекса работ — при качественной планировке поверхности, применении длинных борозд, подаче на поливной участок больших расходов воды, позволяющих заканчивать полив за 1—2 суток, устройстве надежной оросительной сети достаточной пропускной способности, оборудовании ее сооружениями, необходимыми для управления большими расходами, и упорядочении водопользования.

Следует отметить, что требование обеспечить весь комплекс условий, необходимых для высокопроизводительного полива по бороздам из открытой оросительной сети, часто не соблюдается. Неудачи применения сифонов и трубочек в ряде хозяйств объясняются тем, что их пытаются применять, сохраняя выводные каналы с малой пропускной способностью при отсутствии сооружений на сети и небольшой длине борозд.

1. Полив с помощью гибких шлангов из каналов в земляном русле. Одно из возможных направлений улучшения техники полива — замена каналов оросительной сети, ее последних звеньев переносными (передвижными) гибкими или жесткими трубопроводами. Производственное применение в УзССР получили гибкие шланги. Передвижные жесткие трубопроводы пока проходят производственные испы-

тания. Это связано с более высокими затратами и большей сложностью работ при изготовлении жестких трубопроводов, особенно фасонных частей, необходимых для быстрого соединения и разъединения труб, составляющих поливные линии.

Вначале гибкие шланги изготовляли из грубой пластифицированной хлопчатобумажной ткани, но они имели очень большой вес и недостаточную прочность. С 1964 г. их начали изготавливать из технической капроновой ткани, более легкой и прочной. Диаметр шлангов обычно 350 и 420 мм. Они изготавливаются отрезками длиной 100—120 м, которые соединяются короткими муфтами из листового железа и металлическими хомутами. Иногда конец одного шланга вставляется в начало другого без всякого крепления.

Вес одного отрезка шланга около 50 кг, а после полива — 70—80 кг и больше. Ручное перемещение этих шлангов после полива очень тяжелая работа. Для механизации раскладки и сборки гибких шлангов предложено намоточное устройство конструкции ВНИИГиМ (И. И. Величко). Оно позволяет легко производить раскладку шланга на сухом поле до полива. После полива при отсутствии специальных дорог для прохода агрегата с намоточным устройством, которые обычно имеются лишь в голове поливных участков, предлагается производить дистанционную уборку шлангов с помощью лебедки и троса без заезда трактора на поле.

Замена оросительных и выводных каналов гибкими шлангами становится эффективной лишь при возможности пропуска по достаточно длинному шлангу больших расходов воды, обеспечивающих загрузку поливальщика по фронту работы нужной длины, для чего необходимы достаточные уклоны поверхности по его трассе или большие начальные напоры. Производственные опыты полива с помощью гибких шлангов из обычных каналов в земляном русле без дополнительного искусственного напора проводились на участках с уклоном 0,002—0,003 и больше.

Наиболее полное и всестороннее изучение такого полива из обычной оросительной сети с применением намоточного устройства для механизированного перемещения шлангов проведено бригадой ВНИИГиМ (Г. Ю. Шейнкин, И. И. Величко, О. А. Осадчи, Н. А. Астафьева) в совхозе «Пятилетие УзССР».

Полив гибкими шлангами с применением намоточных устройств для механизации их перемещения довольно сложная операция. Она включает подготовку трассы для укладки поливного шланга окучками, укрепленными

на тракторе, ручную подправку, намотку отрезков транспортирующего и поливного шлангов на катушку, транспортирование к месту полива, укладку транспортирующих шлангов на поле вдоль борозд, соединение отрезков металлическими муфтами, регулировку отверстий для выпуска воды в борозды, промывку от наносов и сборку (намотку на катушку) после окончания полива.

Устройства для регулирования выпуска воды в борозды должны быть плоскими и жесткими, чтобы не препятствовать намотке шланга на катушку, что заставляет пользоваться очень простыми выпусками, которые не позволяют менять величину струи.

Равномерность раздачи воды в борозды по шлангу зависит от его рабочей длины, напора в головке, диаметра, уклона, выравнивания трассы и величины струи, подаваемой в борозду. В совхозе «Пятилетие УзССР» при уклоне трассы шлангов 0,003 и диаметре 420 и 350 мм рабочая длина его не могла быть больше 150 м при величине струи 0,7—0,8 л/с в борозду. Обычно колебания величины струй, выпускаемых в борозды по длине шланга, значительны. В 50—70% случаев отклонения оказываются больше $\pm 30\%$ среднего размера струи.

Транспортирующие шланги, которые располагаются параллельно поливным бороздам, не убираются в течение всего оросительного сезона. Поливные трубопроводы в течение каждого поливного периода используются на 2—3 позициях. При длине поливного шланга 200—300 м приходится поливать 2—3 тактами, а общая продолжительность работы шланга на одном поливе составляет 2,0—3,5 суток. Однако вследствие того, что убирать шланг по мокрой почве трудно, пребывание его на одной позиции может быть значительно больше, при этом удельная длина транспортирующих и поливных шлангов составляет 15—84 м/га, в среднем 38,5 м/га.

Основные показатели полива шлангами (при заборе воды из обычных каналов), перемещаемыми механизированным способом (опытные участки), по сравнению с обычным поливом из открытой оросительной сети приведены ниже.

	Опыт- ные уча- стки	Контроль- ный уча- сток
Затраты по закладке и сборке шлангов механизмами, руб/га	24,5	—
Амортизация шлангов, руб/га	37,6	—
Зарплата поливальщикам, руб/га	16,0	34,6
Устройство и выравнивание ар- менной оросительной сети, руб/га	—	2,5

Средняя стоимость одного поли- ва, руб/га	19,5	9,3
Суммарная стоимость полива за вегетацию, руб/га	78,1	37,1
Производительность труда поли- вальщиков (средняя), га чел- день	1,45	0,79
КЗН	0,993	0,946
Урожайность хлопчатника, ц/га	29,5	28,0
Дополнительный чистый доход, руб/га	14,5	—
Срок окупаемости, год	1,83	—

Длина поливных борозд на опытных и контрольных участках колебалась от 100 до 600 м, чаще 300—400 м. Число поливов — 4.

Увеличение производительности поливальщиков определено путем фактического учета затрат труда по операциям, но так как при поливе с помощью шлангов поливальщики имели больше незанятого времени, то фактически число их в опытных и контрольных бригадах отличалось незначительно.

2. Применение передвижных жестких поливных трубопроводов. Жесткие передвижные поливные трубопроводы конструкции ГСКБ по ирригации испытывались в производственных условиях с 1968 г. в САМИС, с 1969 г. отделением по внедрению мелноративной техники ГСКБ по ирригации в совхозе № 6 им. Титова и в СоюзНИИИ (Ф. М. Саттаров) на землях центральной экспериментальной базы с уклоном поверхности 0,01—0,02.

ГСКБ по ирригации выпускает для полива жесткие полиэтиленовые трубы, армированные металлической сеткой. Диаметр трубы 250 мм, длина 5,3—6,0 м, вес одной трубы 24 кг. Трубы снабжены жесткими регулируемыми водо-выпусками, расстояние между которыми равно ширине междурядий. Трубы соединяются при помощи короткой гибкой муфты (из мелноративной капроновой ткани) металлическим хомутом. В комплект входит трубопровод общей длиной 300—400 м, передвижная насосная станция и трактор. Транспортирование разобранного трубопровода производится специальным прицепом на тяге того же трактора.

По данным И. Л. Безуевского, расход воды, подаваемой по трубопроводу длиной 400 м, составляет при напоре 1,2 м (вода забиралась непосредственно из лотка) 60 л/с, а при напоре 5 м — 150 л/с. Максимальный расход воды в борозду через выпуск достигает 1,7 л/с при напоре 5 м.

По данным Ф. М. Саттарова, полив жесткими трубопроводами дает значительную экономию в затратах труда, выработка поливальщика увеличилась в 2—3,2 раза. Жесткие трубопроводы, по данным того же исследователя, имеют значительные преимущества пе-

ред гибкими шлангами. Они прочней, удобней в эксплуатации и дают лучшее качество полива. Расход в борозды можно регулировать более надежно и точно. Нет надобности устраивать ложе для укладки трубопровода и движущаяся по борозде струя свободно проходит под ним. Это значительно облегчает решение сложной задачи использования сбросной воды и устраняет опасность затопления нижней части поля.

Транспортирование жестких разборных трубопроводов на новые участки с помощью трактора и прицепа или трубоукладчиком для механизации этих работ (ГСКБ по ирригации) осуществляется проще, чем перемещение гибких шлангов, однако и здесь возникают осложнения (на мокрую почву сразу после полива трактор не заезжает).

Следует отметить необходимость улучшения конструкции трубопровода и выпусков. Затраты времени на монтаж и демонтаж трубопровода остаются большими.

3. Полив с помощью гибких шлангов из железобетонных лотков на опорах. На новых объектах орошения, земли которых расположены в низменных равнинах с малым уклоном поверхности, в качестве последнего звена стационарной ирригационной сети используются сборные железобетонные лотки на опорах, реже закрытые трубопроводы.

Полив производится по бороздам из гибких шлангов, в которые вода подается либо через водовыпуски на лотковой сети, либо из гидрантов (от трубопроводов), расположенных обычно через каждые 240 м. Гибкие шланги раскладываются перпендикулярно участковым оросителям и поливным бороздам (продольная схема).

Напор в лотковой или закрытой сети проектируется обычно равным 1,2 м на выпусках в шланги. Фактически он значительно меняется из-за волнистости рельефа или неудовлетворительной планировки поверхности.

Применяются капроновые шланги диаметром 350 мм, фактический расход в голове шланга составляет 60—70 л/с. Чтобы захватить более широкий фронт полива и уменьшить количество тактов работы шланга, в борозды дают расход 0,2—0,4 л/с. Средняя ширина захватываемой полосы (длина работающего отрезка шланга) составляет 220 м на посевах с междурядьями 90 см, так что при длине шланга 400 м он обычно работает двумя тактами. Средняя длина борозд составляет 260—300 м. Расходы воды, подаваемые в борозды такой длины, недостаточны, что приводит к неравномерному увлажнению поля.

Выпуск воды в поливные борозды из шлангов производят через отверстия диаметром 19 и 40 мм, снабженные клапанами, представляющими собой конические резновые пробки конструкции И. И. Величко. Эти клапаны позволяют только полностью перекрывать поступление воды, поэтому величина расхода в борозды зависит от изменения напора по длине шланга. Проведенные И. Л. Безуевским замеры показали, что отклонения от средней величины расхода через отверстия составляют 30—50%, иногда 100%.

Механизацию раскладки и сбора гибких шлангов предполагалось производить намоточным устройством, однако передвижение агрегата с трактором поперек глубоких борозд (особенно после перехода на междурядья 90 см) крайне затруднительно, а устройство специальных дорог по трассам гибких шлангов не практикуется, так как это требует увеличения длины поливных борозд при несоответственно малых расходах в них. Поэтому либо перемещение гибких шлангов производят ручным способом, либо они сохраняют постоянное положение в течение оросительного сезона.

Недостаточный для участка шириной 400 м расход воды, подаваемой гибким шлангом, приводит к затяжке полива на 4—5 суток и больше. Иногда возникает необходимость нарезки временных оросителей для полива наиболее далекой от лотка части поля.

Один гибкий шланг обслуживают два поливальщика. Величина расхода, приходящаяся на одного человека, составляет 30—35 л/с вместо 20—25 при поливе из временной оросительной сети. Выработка поливальщика достигает 1,0—1,2 га/смену. Затраты на полив (75 руб/га за сезон) с помощью гибких шлангов в 1,5—2 раза выше, чем при поливе из временных каналов, в основном вследствие больших отчислений на амортизацию шлангов, удельная длина которых составляет около 20 м/га. Однако увеличение уровня за счет сокращения потерь полезной площади под временными каналами, уменьшение затрат труда и потерь воды окупают более высокие затраты на полив.

Трудности, возникшие при поливе крупных земельных участков с использованием переносной нестационарной сети — гибких шлангов в продольной схеме, привели к поискам новых схем полива, требующих меньшей удельной длины нестационарной сети или позволяющих полностью от нее отказаться. Такие возможности создаются при переходе на поперечную схему полива (поливные борозды перпендикулярны лоткам).

В поперечной схеме длина поливных борозд должна быть равна половине расстояния между постоянными каналами, если они имеют двухстороннее командование. Поэтому применение поперечной схемы потребовало прежде всего изучения возможности полива по бороздам длиной 400—500 м большими расходами в условиях малых уклонов, преобладающих на землях нового орошения. Возникла необходимость разработки технических средств, позволяющих выпускать из оросителя в поливные борозды нужные и одинаковые по величине расходы и менять их в процессе полива с минимальными затратами труда и средств.

Изучение поперечной схемы полива было начато в 1962 г. на целинных землях совхоза № 6 им. Титова. Полив производился по бороздам длиной 400 м из железобетонного лотка, установленного на поверхности почвы. Воду выпускали на поле через металлические трубки, которые удлинялись пластмассовыми трубками для пропуска воды через дорогу. Удалось полностью отказаться от применения переносной оросительной сети. Для регулирования горизонта воды в лотке применяли переносные металлические щитки.

С 1963 г. на опытном участке в совхозе № 1 им. Волкова выпуск воды в борозды производили через короткие гибкие шланги, идущие параллельно лотку. Длина рабочей части шланга составила около 30 м, что позволяет значительно увеличить расход воды в борозду и уменьшить удельную длину поливных шлангов до 4—5 м/га.

Удельная стоимость поливного инвентаря и арматуры при поперечной схеме полива вдвое меньше, чем при продольной. Один поливальщик может при выпуске воды в борозды непосредственно через трубки управлять расходом до 100 л/с.

Производственное внедрение поперечной схемы полива проводилось в Голодной степи Отделением по внедрению мелноративной техники ГСКБ по ирригации. Площади, поливаемые по поперечной схеме в новых совхозах Голодной степи, быстро растут, о чем свидетельствуют следующие данные (%):

Год	При поперечной схеме	При продольной схеме
1966	5.0	95.0
1970	35.5	64.5
1975	51.0	49.0

Следует, однако, отметить, что далеко не всегда выполняются все условия, которые делают полив по поперечной схеме высокоэф-

фективным: хорошая планировка поверхности с заданным уклоном, нарезка глубоких борозд и подача в них больших расходов.

С 1966 г. на части площади с наиболее неправильным и сложным рельефом, где сильно ощущается недостаток командования, для подачи воды в гибкие шланги используют передвижные поливные агрегаты ППА-165 конструкции ГСКБ по ирригации.

Один агрегат ППА-165 обслуживает за сезон площадь 70—80 га. Забор воды обычно осуществляется из каналов в земляном русле. Расчетный расход насоса 165 л/с при напоре 4 м. Фактически он равен 120—130 л/с в связи с тем, что уже при напорах более 2,0—2,5 м наступает разрыв гибких шлангов по наклепным швам. Такая величина расхода позволяет производить полив шлангами по всей ширине участка. Возрастает производительность труда поливальщиков, а также затраты на полив. Применение агрегата целесообразно на участках со сложным рельефом, при недостаточных напорах и командовании в оросительной сети.

4. Техника полива в низменных районах с тяжелыми условиями стока грунтовых вод, засоленными и подверженными засолению почвами. В низменных равнинах хлопковой зоны, в районах с наиболее тяжелыми гидрогеологическими условиями, крайне малыми уклонами, очень затрудненным оттоком грунтовых и поверхностных вод и подверженными засолению почвами, нуждающимися в периодической или систематической промывке, техника орошения должна обеспечить возможность эффективно проводить вегетационные и невегетационные (промывные и зарядковые) поливы, так как затраты оросительной воды в невегетационный период могут достигать 50% общей годовой подачи и больше.

Нормы невегетационных поливов значительно больше, чем в вегетацию. Их очень часто приходится проводить в неблагоприятной обстановке — при наступлении дождей и заморозков, тогда преимущество имеют наиболее простые способы полива с минимальными затратами труда и небольшой стоимостью единицы подаваемой воды, например, полив затоплением.

Так как полив пропашных культур затоплением в вегетационный период не рекомендуется до смыкания растительного покрова, то в этих условиях необходимо сочетать на одних и тех же участках в разное время года различные способы и технику орошения. Такое сочетание возможно, если при применяемых способах полива предъявляются сходные требования к форме поверхности, плановому расположению стационарной ирригационной

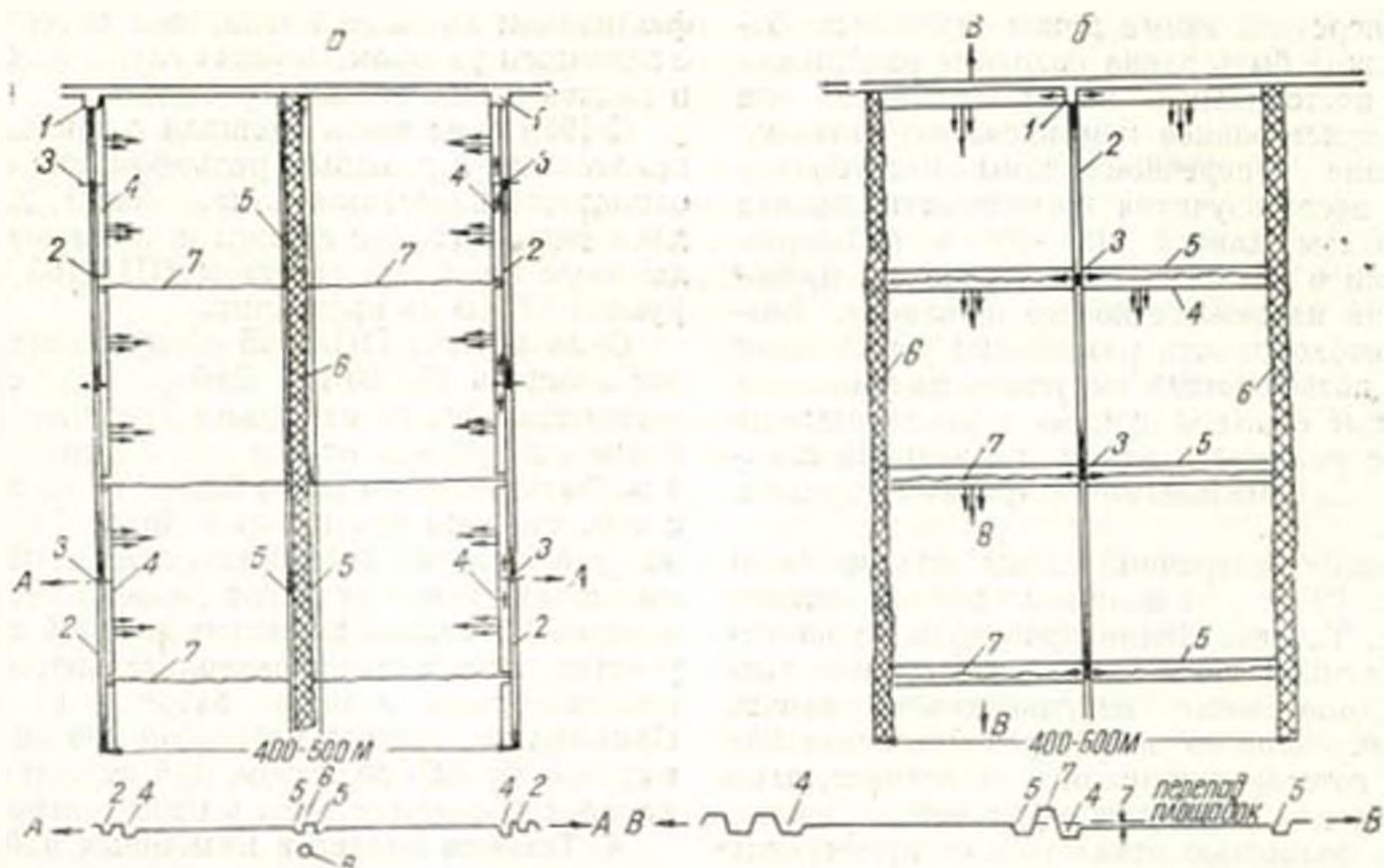


Рис. 13. Технологическая схема сочетания поливов затоплением в невегетационный период и наполнением чеков по бороздам в вегетацию:

а — поперечная схема, б — продольная; 1 — возвышающиеся сооружения, 2 — оросительный канал или закрытый трубопровод, 3 — выпуск из оросителя, 4 — верхняя распределительная канавка, 5 — наждак, 6 — надрезанный валик, 7 — ограждающий, 8 — знак направления нарезки борозд и поливов. А—А, В—В — разрезы.

сети, величине напора, конструкции и составу постоянных сооружений.

В вегетационный период для площадей с пропашными культурами, подготовленных к поливу затоплением, наиболее подходит способ, который можно назвать «наполнение чеков по бороздам». При этом способе внутри чека нарезают глубокие борозды и перпендикулярно к ним однобортные канавки, из которых вода равномерно поступает в борозды без индивидуального регулирования, наполняя чек до заданной отметки (без затопления гребней). Горизонтальная поверхность внутри чека обеспечивает равномерность увлажнения почвы (рис. 13).

Полив наполнением чеков по бороздам можно проводить по продольной и поперечной схемам с использованием открытой либо закрытой оросительной сети.

Использование закрытой сети предложено нами в 1966 г. Сочетание поливов затоплением и наполнением небольших чеков по бороздам применялось издавна в Бухарской и Хорезмской областях на небольших делянках. Широкую известность получил опыт такого сочетания поливов на крупных чеках по продольной схеме из открытой оросительной сети с одновременным проведением комплекса мелнора-

тивных мероприятий в колхозе им. Калинина Ильялинского района Туркменской ССР, где он дал очень хорошие результаты. Один поливальщик управляет расходом 150—160 л/с, вырабатывая за смену около 4 га. Затраты на полив составляют всего 5—6 руб/га за сезон. Улучшение полива и другие мелноративные работы позволили колхозу получить в 1968 г. высокий урожай хлопка-сырца — 42,5 ц/га.

Узгипроводхоз в развитие этого метода разработал способ автоматизированного полива при помощи гидроавтоматов НВ. Проведена их экспериментальная проверка в совхозе «Кырккыз» КК АССР.

Применение продольной схемы требует, однако, устройства выводных однобортных каналов, идущих перпендикулярно к картовому оросителю и препятствующих продольной последовательной обработке полей. Эксплуатация этой временной сети вызывает необходимость частично заравнивать ее перед поливом и затем восстанавливать, что создает трудности.

5. Техника полива по бороздам на землях с большим уклоном и сложным рельефом. Полив хлопчатника колхозы и совхозы проводят, как правило, по бороздам, направленным по наибольшему уклону местности. От этого правила очень редко отступают даже на землях

с большим уклоном (0,01 и больше). Объясняется это тем, что на землях с большим уклоном при поливе по бороздам, идущим под углом к направлению горизонталей, приходится в целях получения относительно правильного продольного профиля дна борозд придавать им криволинейность в плане. Кроме того, здесь часты боковые прорывы воды, что ведет к образованию промоин и оврагов.

В 30-х годах, когда получили распространение конный посев и междурядная обработка хлопчатника однорядными сеялками и культиваторами, на землях с большим уклоном довольно широко применялось контурное орошение с криволинейным направлением борозд вдоль горизонталей.

Полив по бороздам, идущим с большим уклоном, требует подачи в них очень малых струй, измеряемых десятymi или даже сотыми долями литра в секунду. Регулирование выпуска воды в борозды очень осложняется. Надежным способом закрепления оголовков при таких малых струях считалось применение дерна. Кроме того, на землях с большим уклоном приходилось в целях устранения размывов защищать дерном и другими материалами участки временных каналов и места перегиба в продольном профиле поливных борозд. Производительность труда поливальщиков на землях с большим уклоном поэтому характеризуется наиболее низкими показателями.

Трудность армирования оголовков поливных борозд и ок-арыков вынуждает хозяйства превращать такую сеть в постоянную. Часто в целях улучшения междурядной обработки увеличивают длину поливных борозд далеко за пределы оптимальной величины. Продолжительность полива малыми струями по излишне длинным бороздам — до 3—5 суток. Это связано со значительным увеличением поливных норм, неравномерностью увлажнения, потерями воды на глубокое промачивание грунта и на сбросы.

Величина сброса воды при поливе участков с большим уклоном может достигать 70% количества поданной воды. Так как часть сброшенной воды используется на нижних участках, то средняя величина сброса составляет 15—30%.

Полив даже очень малыми струями на больших уклонах не устраняет полностью размыва борозд. Продолжительность полива и большие сбросы воды приводят к перемещению большого количества мелкозема и питательных элементов с верхних частей поля в нижние и выносу почвы за пределы поля. По данным Б. Ф. Камбарова (САНИИРИ), полученным в ряде хозяйств, при уклонах 0,007—



Размыв поливных борозд при расходе 0,1 л/с и уклоне 0,07.

0,06 и величине струй в борозды 0,15—0,40 л/с, годовой вынос почвы за 5—6 поливов колеблется от 3 до 90 т/га.

Большое влияние на развитие ирригационной эрозии оказывает вид сельскохозяйственной культуры и способ полива. В предгорных районах Киргизии на землях с уклоном 0,02—0,05 при поливе пропашных культур по коротким бороздам вынос почвы составлял 22—44 т/га, зерновых культур напуском по полосам 15—22 т/га, а люцерны также напуском по полосам 5—8 т/га. Таким образом, больше всего подвержены эрозии поля, занятые пропашными культурами.

Резкое увеличение площадей хлопчатника и переход в 30-е годы на полив по бороздам заметно усилили эрозию почв — типичных сероземов, верхних частей конусов выноса, подгорных наклонных равнин и верхних террас речных долин с уклонами поверхности более 0,01—0,02. По данным М. И. Кочубея и С. П. Сучкова, ирригационной эрозией в Узбекистане захвачена площадь 123 тыс. га. Содержание гумуса в пахотном горизонте слабосмытых почв уменьшается на 50%, а в сильносмытых на 75%. Потери урожая хлопчатника составляют от 15 до 40%. Дополнительные затраты на удобрение и обработку эродированных почв достигают более 60 руб/га в год и стоимость урожая хлопчатника новышается на 5—6 руб/ц.

Большое влияние на устойчивость почвы против ирригационной эрозии оказывают ее агрегатный состав и физическое состояние (уплотненность, исходная влажность). Увеличение агрегатности почвы путем внедрения севооборотов с культурой люцерны, внесения органических удобрений или препаратов полиакриламидтрила К-4 и К-9 оказывает сильное влия-

ние на устойчивость почвы против водной эрозии.

В опытах Б. Ф. Камбарова (САНИИРИ) на участке с бороздами длиной 510 м исследовалось влияние препарата К-4 в количестве от 46 до 119 кг/га (в среднем 66) на смыв почвы (табл. 10), на контрольных участках препарат не вносился.

К смыву отнесена не только почва, вынесенная сбросной водой через нижний конец борозд, но и весь твердый сток, учтенный на границах трех створов, выделенных по длине борозд. Средний за три года вынос почвы на опытных участках составлял 7,6 т/га, а на контроле 37,3 т/га, т. е. уменьшился более чем в 5 раз. Существенно сократился и сброс оросительной воды. Средняя величина сброса воды на опытных полосах составляла 14,3%, а на контроле 21,1%. Следует также отметить, что значительно выше была равномерность впитывания воды по длине борозды (учтенная на трех отрезках) в опытных полосах по сравнению с контролем.

В производственных условиях мастера техники бороздочного полива при орошении земель с большим уклоном ведут борьбу с эрозией почвы и выносом питательных элементов различными способами, например, способом медленной замочки почвы малыми начальными струями. В колхозах «Ленинизм» и им. Калинина Пайарыкского района на землях с уклоном более 0,03 полив начинают, давая в борозды расходы, измеряемые тысячными долями литра в секунду (0,003—0,005 л/с). По мере продвижения лба струи (примерно через сутки) эту величину увеличивают. Продолжительность полива около 3 суток. Длина пути, проходимого струей за это время, составляет 150—200 м (длина борозды). В последний день полива струю заметно увеличивают, но сброса практически не допускают. Величина

поливной нормы обычно не превышает 1500 м³/га.

Послеполивную обработку почв участков, поливаемых описанным способом, начинают с поперечной культивации, которую проводят ярусами по мере послеваания почвы.

Исследовательские и проектные организации страны на землях с большими уклонами изучают более совершенную технику полива и способы защиты почв и оросительной сети от ирригационной эрозии, применяя закрытую оросительную сеть. Сравнительно небольшие опыты проводятся по внутрипочвенному орошению участков с большим уклоном поверхности и дождеванию малой интенсивности. Хорошие результаты получены на больших уклонах при выпуске воды в борозды из легких сборных переносных брезентовых лотков, устанавливаемых прямо на поверхности почвы.

Наиболее обширное изучение таких систем на землях с большим уклоном проводилось экспедицией НИС МГМИ (И. А. Шаров, Г. Ю. Шейкин), которой были заложены опытные участки самонапорных систем со стационарными и переносными трубопроводами в нескольких хозяйствах на землях с уклоном преимущественно 0,025—0,03.

Испытывавшиеся системы состоят из транспортирующей закрытой в почве сети трубопроводов и поливных трубопроводов (часть из них переносные, а часть стационарные — закрытые). Вся стационарная сеть (транспортирующая и поливная) делается из асбестоцементных труб, а переносная — из гибких полиэтиленовых шлангов.

В систему входят водозаборное сооружение, гидранты, водовыпуски, распределительные колодцы и в конце закрытых поливных трубопроводов промывные колодцы.

Транспортирующие трубопроводы направлены по наибольшему уклону местности. В верхней части поля, где напор в транспортирующем трубопроводе небольшой, для полива используются гибкие поливные шланги, а ниже, где он достигает 4 м и больше, — закрытые поливные асбестоцементные трубопроводы.

Закрытые асбестоцементные поливные трубопроводы направлены строго перпендикулярно к транспортирующим. Они состоят из труб переменного по длине диаметра. Глубина закладки от 20 до 60 см. Струи воды выбрасываются под напором из направленных вверх отверстий, пробивая слой засыпки, образуют воронки размыва и поступают в борозды. Более высокие напоры обеспечивают лучшую равномерность раздачи воды. Оптимальная длина закрытых поливных трубопроводов сос-

Таблица 10

Влияние К-4 на смыв почвы

Расстояние опытных отрезков борозд от начала, м	Уклон по продольной оси борозды	Смыв почвы, т/га за год					
		1967 г.		1968 г.		1979 г.	
		опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль
0—115	0,017	6,0	26,4	11,2	17,8	9,7	58,0
115—370	0,030	9,2	41,0	13,2	50,6	12,8	88,0
370—510	0,013	2,4	18,1	2,5	15,3	2,6	17,0
Среднее		5,4	29,5	9,0	28,0	8,4	54,4

Примечание. Сброс воды соответственно по годам составил 13,4% и 17, 7, 19,6 и 29,8, 9,8 и 15,7%.

тавляет 400—500 м, т. е. значительно больше, чем для гибких шлангов.

Системы И. А. Шарова и Г. Ю. Шейкина с сетью из закрытых и переносных трубопроводов позволяют с минимальными затратами времени и труда обеспечить широкий фронт работы, одновременный полив крупных участков, надежно регулировать распределение воды в системе и выпуск ее на поле. Эти системы почти полностью устраняют опасность размыва оросительной сети и резко уменьшают потери воды в ней.

Для широкого производственного применения этих систем потребуется, однако, устранить ряд недостатков. Одна из серьезных проблем — борьба с заносом поливных шлангов и закупоркой отверстий в закрытых поливных трубопроводах в связи с значительной мутностью воды на землях с большими уклонами. Для борьбы с этим явлением приходится несколько раз в течение одного полива промывать поливную сеть. Особенно сложна промывка гибких шлангов. На прочистку забитых отверстий в жестких трубопроводах расходуется 20% времени всего полива.

Производительность труда поливальщиков на участках с гибкими шлангами составляет 1,0—1,3 га/смену, а по закрытым поливным трубопроводам несколько больше. В условиях больших уклонов такую выработку можно считать удовлетворительной. Несколько более высокие эксплуатационные затраты на полив окупаются дополнительным урожаем, получаемым за счет увеличения КЗИ.

Опыт эксплуатации этих систем показал, что для уменьшения величины воронок размыва и закупорки отверстий необходимо закладывать поливные трубопроводы на малую глубину 20—25 см. Это, однако, исключает возможность проведения вспашки в поперечном к ним направлении и возникает необходимость оставлять по их трассе полосы шириной 1,5—3,0 м, на которых рекомендуется проводить только чизелевание.

6. **Дождевание.** В Советском Союзе дождевание первоначально внедрялось в зоне хлопкосеяния. В крупных хозяйствах с высокой механизацией полевых работ потребовались более производительные системы, чем получившие тогда распространение за рубежом установки с расходом до 25 л/с и переносимыми вручную дождевальными трубами.

Трудности, которые возникли при поливе высокостебельной (хлопчатник) пропашной культуры с богатым вегетативным покровом, привели к созданию у нас крупных высокопроизводительных машин, из которых наибольшее распространение получил двухкон-

сольный самоходный агрегат ДДА-100М, работающий в движении, забирающий воду из открытых каналов.

Получить большую производительность машины (использующей расход 100 л/с) при ограниченной по условиям эксплуатации длине консолей возможно лишь при высокой интенсивности дождя, которая у ДДА-100М составляет в среднем 2,4—2,7 мм/мин, а в центре покрываемой дождем площадки достигает 5 мм/мин, что значительно превышает скорость впитывания воды у большинства почв.

За один проход ДДА-100М оставляет в течение 2,5—3,0 минут на поле слой воды 6—7 мм. Обычно уже при первом проходе агрегата часть осадков (2—3 мм) накапливается на поверхности и впитывается за время перекура в дождевании (паузы) между двумя проходами.

При последующих проходах скорость впитывания в почву убывает, поэтому через несколько проходов вода уже не впитывается полностью за время паузы. Количество воды на поверхности увеличивается, образуются большие лужи, а при наличии уклонов — сток внутри участка и за его пределы. Время появления луж и стока зависит от характера почвы, ее состояния и продолжительности паузы или длины гона агрегата, определяемого подпертым перемычкой бьефом в канале.

Как показали данные Н. П. Боровенского, лужи и сток образуются, когда время, нужное для впитывания воды, оставшейся после прохода агрегата, равно или несколько больше продолжительности паузы. При длине гона 50 м образование луж на среднесуглинистых сероземах происходило уже после второго прохода агрегата и нормы 140 м³/га, соответственно при длине 100 м — после пятого и 325 м³/га, при 150 м — после восьмого и 520 м³/га. Число проходов, которое можно дать до появления луж и стока, определяет верхний предел поливной нормы. Возможная длина гона агрегата зависит от уклона по трассе каналов, из которых забирается вода на полив. На малых уклонах она может достигать 150—200 м. С увеличением уклона уменьшается длина гона.

По данным Г. Я. Хайдаровой, появление стока при поливе машиной ДДА-100М (в зоне Каракумского канала) происходило при следующих поливных нормах:

Полив	Супесчаная	Легкосуглинистая	Среднесуглинистая	Малый уклон 0,0002—0,0005	
				Первый	Последний
	450	340	290		
	230	150	100		

Средний уклон 0,002 - 0,007

Первый	400	290	170
Последний	170	100	80

По данным М. П. Харламова, в совхозе «Самгар» (Северный Таджикистан) в начале оросительного сезона удавалось без значительного сброса подавать 400—500 м³/га, к концу сезона уже при 250—300 м³/га имел место значительный сброс.

В совхозе «Пахтаарал» появление воды на поверхности поля отмечалось после подачи 150—200 м³/га (Е. Г. Петров и М. В. Прображенская). При поливе машиной ДДА-100М (в опытах М. П. Харламова) сброс составлял в разные годы 13,4 и 23,4%. В опытах Г. Я. Хайдаровой до августа сброс не превышал 7—8%, а в августе достигал 20%.

Применение ДДА-100М при уклонах больше 0,005 уже связано с значительным поверхностным стоком.

Невозможность давать машинной ДДА-100М поливные нормы больше 300—600 м³/га на бесструктурных почвах аридной зоны, где грунтовые воды залегают глубоко, приводит к необходимости проводить 12—15 дожделаний. Глубина увлажнения, как правило, не превышает 30—40 см и в наиболее напряженный по термическим условиям период (июнь—август) после исчерпания легкодоступной влаги глубоких горизонтов корнеобитаемой зоны возникает опасность быстрого ухудшения условий снабжения растений водой и потери урожая при даже небольшой задержке полива. Затраты на орошение и междурядные обработки достигают большой величины.

Дождевание ДДА-100М нашло поэтому применение в зоне хлопкосеяния только на землях с малыми уклонами и близким залеганием слабоминерализованных грунтовых вод, где можно ограничиться в вегетационный период малыми поливными и оросительными нормами. При таком режиме орошения растения в указанных природных условиях потребляют в вегетационный период значительное количество грунтовой воды, что требует промывных и влагозарядковых поливов в не вегетационный период большими нормами. Поэтому в зоне хлопкосеяния вегетационные поливы дождеванием, как правило, сочетаются с поливами затоплением или напуском в не вегетационный период (за исключением земель с луговыми почвами и пресными грунтовыми водами). Это требует подготовки поверхности и устройства оросительной сети одновременно для поверхностных поливов и дождевания.

Другой не менее важной причиной применения ДДА-100М в аридной зоне только там,

где возможны небольшие поливные и оросительные нормы в вегетационный период, являются сравнительно высокие затраты на подачу единицы поливной воды (1,2—1,7 коп/м³), в 1,5—2 раза превышающие затраты при обычном поливе по бороздам из каналов. Трудовые затраты при такой технике дождевания также довольно высоки — 1,0—1,2 га/смену.

Большой экспериментальный материал показывает, что урожайность хлопчатника на землях с близкими пресными или слабо минерализованными грунтовыми водами несколько увеличивается при дождевании, когда оно дополняется промывными поливами вследствие возможности лучше регулировать влажность почвы, особенно в период созревания. Это позволяет при небольших оросительных нормах окупать дополнительные ежегодные издержки на полив.

Однако невысокая эксплуатационная надежность машины ДДА-100М, значительные потери воды в оросительной сети (до 25%) и полезной площади (до 6%), сравнительно большие затраты на единицу подаваемой воды и высокая интенсивность дождя объясняют очень малое распространение этой техники полива в аридной зоне.

Известный интерес представляют проведенные в течение трех лет ГСКБ по ирригации производственные опыты дождевания машиной ДДА-100М в совхозе № 6 им. Титова (Голодная степь) на площади около 1000 га. Земли орошаемого массива в основном слабозасоленные. Содержание легко растворимых солей в почве при поливе дождеванием несколько увеличивалось. Глубина минерализованных грунтовых вод весной (в марте) от 1—3 до 3—5 м.

В отличие от обычной техники дождевания машиной ДДА-100М полив в совхозе № 6 производился позиционно, т. е. заданная поливная норма давалась не в движении машины, а в основном на стоянках.

Величина поливных норм колебалась от 750 до 1500 м³/га; средняя норма составляла на первом поливе 900, на втором 1100 и на третьем 1000. При подаче таких поливных норм позиционно в бороздах накапливается значительное количество воды. Чтобы устранить сток, при нарезке борозд через каждые 50 м культиватором устраивают перемычки. Содержание солей в верхнем метровом слое за период вегетации увеличилось, особенно на участках с засоленной почвой.

Урожайность в 1969 г. составляла из массиве дождевания (980 га) 23,4 ц/га. Круглосуточную работу дождевальных машин обслуживал штат из 2 трактористов, 2 поливальщи-

ков (на 1 машину), 4 слесарей и 1 электросварщика (на каждые 8—10 машин).

Средняя производительность дождевально-го агрегата при заборе воды 100 л/сек, величине поливной нормы 1100 м³/га и коэффициенте использования рабочего времени 0,67 составляла 0,22 га/час. Выработка одного рабочего — 0,11 га/час, или 0,77 га/смену. Площадь, обслуживаемая одной машиной за сезон, при 3 поливах в течение 44 рабочих дней составляла 66 га.

Производительность труда рабочих при дождевании машиной ДДА-100М была несколько больше, чем при бороздковом поливе, при этом создается возможность лучше использовать механизаторов во вторую половину вегетационного периода и уменьшить число поливальщиков, выполняющих ручную работу.

С 1971 г. освоено производство новой широкозахватной дождевальной техники. Установка «Фрегат» пригодна для орошения высокостебельных культур, так как высота водопроводящей трубы над поверхностью почвы — 2,2 м. Возможность регулировать скорость ее движения, интенсивность дождя (от 0,13 до 0,32 мм/мин) и величину слоя осадков за один проход в пределах от 24 до 120 мм позволяет применять ее в различных природных условиях для всех полевых культур. Однако лучшие результаты, как большинство машин, работающих в движении, она показывает на высокопроницаемых почвах.

Применение «Фрегата» позволяет практически решить вопрос об автоматизации полива и создает возможность завершить комплексную механизацию всех сельскохозяйственных работ на орошаемых землях.

Форма орошаемых контуров (окружности) и длительный или, возможно, даже непрерывный полив каждого контура вращающимся колесным трубопроводом потребуют особой организации территории и технологии возделывания хлопчатника. Необходимо предусмотреть размещение сельскохозяйственных угодий и вспомогательных дождевальных установок так, чтобы использовать полностью незахватываемые или недостаточно увлажняемые участки квадратов, в которые вписаны орошаемые окружности. Проведение своевременной (по спелой почве) междурядной обработки хлопчатника будет затруднено. На периферии окружностей длина гона обрабатывающего агрегата будет недостаточна.

«Волжанка» — многоопорная дождевальная установка с поливным трубопроводом длиной 400 м, на котором расположены, как на оси, ходовые колеса, имеющие разный диа-

метр. Перемещается установка вдоль питающего трубопровода, работая позиционно с небольшой интенсивностью дождя и давая поливаемые участки прямоугольной формы, что облегчает задачу использования ее при существующей организации территории и технологии возделывания хлопчатника. Однако производительность ее меньше, чем у «Фрегата», уровень автоматизации полива ниже.

Опытно-производственные испытания новых широкозахватных дождевальных машин «Фрегат» и «Волжанка» начаты с 1972 г. Масштабы испытаний, однако, недостаточны — это одна или несколько машин с охватом небольшой площади, иногда без надежной технической базы, необходимой для их эксплуатации. Нельзя достичь учета и оценки всего комплекса результатов: хозяйственных, технико-экономических и мелиоративных. Групповое изучение работы машин «Фрегат» ведет САНИИРИ (НИСТО) в Дальверзинской степи. СоюзНИИХИ проводит опыт орошения больших массивов «Волжанками» в колхозе «Северный Маяк» в долине Чирчика, на землях с близкими пресными грунтовыми водами. Результаты испытаний пока не позволяют делать окончательные выводы. Очевидно, в аридной зоне и эти машины смогут найти применение лишь в некоторых благоприятных для дождевания природных условиях. За рубежом дождевальные машины типа «Фрегат» показали хорошие результаты на поливе очень легких песчаных почв и песков. Это может позволить осваивать некоторые земли, относимые теперь к неудобьям.

7. Внутрипочвенное орошение. Орошение путем подачи воды непосредственно внутрь корнеобитаемой зоны растений по уложенным в почву на глубину 30—40 см длинным трубам-увлажнителям небольшого диаметра называется внутрипочвенным.

Современные низконапорные системы внутрипочвенного орошения состоят из водоприемного головного сооружения с сородерживающими сетками и сети распределительных полиэтиленовых или металлических трубопроводов, от которых отходят под прямым углом уложенные в почву трубы-увлажнители с выпускными отверстиями. Поливные трубы (увлажнители) обычно полужесткие, из пластмассы (полиэтилена или поливинилхлорида) диаметром от 15 до 40 мм и длиной до 200 м. Расстояние между ними (1—2 м), удельная длина увлажнителей зависят от возделываемой культуры и характера почвы. В садах и виноградниках она сравнительно невелика, а при возделывании полевых культур составляет 7000—10000 м/га.

Внутрипочвенное орошение ставит задачи равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, автоматизации основных процессов полива, устранения препятствий для обработки поля машинами, уменьшения потерь на испарение и ослабления интенсивности развития сорняков путем создания небольшого сухого покровного слоя почвы.

Глубина закладки труб-увлажнителей, расстояние между ними, диаметр и расположение отверстий, размеры водоподачи и режим орошения должны обеспечить получение оптимальных контуров увлажнения почвы, возможность получения всходов (что осложняется наличием верхнего сухого слоя) и минимум потерь на просачивание воды глубже корнеобитаемой зоны. Кроме того, трубы и колодцы не должны препятствовать глубокой обработке почвы.

Простые незащищенные отверстия (перфорация) делают небольшого диаметра (за рубежом 0,4—0,8 мм, у нас до 2,0—2,5 мм). Увеличение их приводит к попаданию ила и закупориванию корнями растений. Отверстия малого диаметра затягиваются через некоторое время отложениями окислов железа и различных труднорастворимых солей, имеющих в оросительной воде.

Применение защищенных отверстий в виде клапанов или козырьков из металла, пенопласта, нейлонового шнура требует увеличения напора в увлажнителях. Выбор оптимальных скоростей движения воды и напоров, состава и конструкции промывных сооружений зависит от мутности воды и условий эксплуатации системы.

Низконапорные системы внутрипочвенного орошения не получили широкого применения из-за высоких капитальных затрат на их устройство и нерешенности некоторых задач конструкции и эксплуатации этих систем. Этот способ орошения применяется в основном для возделывания ценных культур — садов и виноградников. Рост производства пластмассовых труб, уменьшение их стоимости, совершенствование конструкций и развитие техники механизированной укладки увлажнителей в почву создают предпосылки для более широкого применения этого способа орошения.

Первые опыты внутрипочвенного орошения хлопчатника в Узбекистане из перфорированных полиэтиленовых труб начаты в 1967 г. В 1970 г. Главредазирсовхозстрой совместно с другими организациями начал широкие экспериментальные исследования по внутрипочвенному орошению хлопчатника в Голодной степи. Установлено увеличение урожайности хлопчатника по сравнению с контролем (по-

лив по бороздам) и уменьшение потерь воды на испарение из почвы, но в слое выше труб-увлажнителей отмечено некоторое увеличение количества легкорастворимых солей. Экспериментальные работы позволили также выявить ряд конструктивных недостатков этих систем и необходимость их дальнейшего совершенствования.

8. Капельное орошение. Технически более совершенным и надежным видом внутрипочвенного орошения является капельное. Системы капельного орошения снабжены сложными фильтрами и капельницами, в которых гасится искусственный начальный напор. В системе капельного орошения можно точно дозировать подачу оросительной воды в корнеобитаемую зону, создавать и поддерживать локальное очаговое увлажнение почвы в нужных точках. Уменьшение объема почвы, увлажняемой при капельном орошении, позволяет сократить затраты воды на возделывание сельскохозяйственных культур, особенно садов и виноградников. Капитальные затраты на строительство этих систем выше, чем на низконапорных системах внутрипочвенного орошения.

При поверхностном способе орошения ставится задача создать возможно больший объем оптимально увлажненной почвы, в которой может развиваться мощная корневая система и откуда растения будут получать влагу и питательные элементы. Это позволяет также создавать запас воды на периоды, когда поступление осадков или оросительной воды задерживается.

Уменьшение объема увлажненной почвы при очаговом орошении ставит растения в значительно большую зависимость от своевременной подачи воды и растворов питательных элементов. Такое орошение определяет переход к индустриальному методу возделывания сельскохозяйственных культур и требует создания технически более совершенных систем, высокого уровня их эксплуатации и организации водопользования.

Производственное применение данного способа должно развернуться в целях орошения садов, виноградников, а также при остром недостатке оросительной воды и необходимости создать специализированные хозяйства по возделыванию сельскохозяйственных культур. Развитие этого способа орошения также может быть перспективным там, где другие способы вызывают значительную эрозию почвы и потери воды.

Исследованиями возможности применения системы капельного орошения при поливе садов для условий Узбекской ССР занимается Узгипроводхоз с 1973 г. Разработана система

водовыпусков-капельниц, которая позволяет устанавливать их в широких диапазонах давлений при малом изменении расхода и без тонкой очистки оросительной воды.

В 1977 г. была построена экспериментальная система капельного орошения и высажен сад на барханных песках в Хивинском районе Хорезмской области, где проводятся комплексные исследования режима орошения и агротехники*.

* С 1975 г. капельным орошением успешно занимается САНИИРИ с Главсредазсовхозстроем; построен опытный участок площадью более 10 га в Зааминском районе с капельницами своих конструкций (Д. Палла-лов, М. Мухтаров). (Примечание редактора.)

В 1977 г. система капельного орошения построена в Научно-производственном объединении садоводства, виноградарства и виноделия им. Р. Р. Шредера на местности со средним уклоном 0,1 в широкорядном и пальметтном садах, где с 1978 г. начаты совместные комплексные исследования по применению таких систем на землях с большими уклонами местности. В 1978 г. построена система капельного орошения и высажен сад в учебном хозяйстве Ташкентского сельскохозяйственного института, где будут проводиться широкие исследования. В Узбекистане намечено построить 410 га систем капельного орошения в садах и виноградниках.

Эффективная технология полива в сочетании с рациональным режимом орошения — один из важнейших резервов интенсификации сельскохозяйственного производства.

Традиционный бороздковый полив, широко распространенный при возделывании пропашных культур, в частности основной культуры Средней Азии — хлопчатника, за многовековую историю применения близок к исчерпанию возможностей. Существенными недостатками этого способа до сих пор остается тяжелый и малопродуктивный труд, низкий коэффициент использования поливной воды и значительные трудности в его механизации и автоматизации.

На прошедшей в сентябре 1977 г. в Ташкенте научной сессии ВАСХНИЛ и академии наук хлопководских республик отмечено, что задача науки состоит в том, чтобы вооружить орошаемое земледелие эффективной технологией и технически совершенными средствами полива, резко повысить уровень механизации и автоматизации этого процесса, уменьшить затраты оросительной воды на производство единицы продукции и снизить ее себестоимость. Таким эффективным и перспективным способом полива многими советскими и зарубежными специалистами признается внутрипочвенное орошение, оно считается одним из самых рациональных способов полива.

Данный способ основан на том, что поливная вода по системе трубок-увлажнителей, заложенных на определенном расстоянии друг от друга в подпахотный горизонт, подается под небольшим напором непосредственно в корнеобитаемый слой и под действием всасывающей силы почвы равномерно распределяется в этом слое.

Помимо гравитационных сил, создаваемых напорной поливной водой и всасывающей силой почвы, в ее увлажнении определенную роль играет и конденсация водяных паров,

поступающих вместе с теплым атмосферным воздухом в зону поливных трубок.

Замечено, что температура трубок, заполненных водой, и прилегающей к ним почвы ниже «точки росы» для поступающих в эту зону водяных паров. Несомненно, должна происходить их конденсация, тем большая, чем значительнее разница между температурами среды и поступающего в нее пара.

В дальнейших исследованиях процесса увлажнения почвы элемент, определяющий количественные значения величины конденсации, должен быть в центре внимания исследователей.

Внутрипочвенное орошение позволяет довольно просто и точно регулировать водно-воздушный режим почвы. Эти преимущества его по сравнению с другими способами полива неоспоримы. Внутрипочвенное орошение обладает и многими другими качествами, позволяющими считать его применение и разработку решением проблемы.

Учитывая положительные результаты проведенных Главсредазирсовхозстроем и другими организациями исследований внутрипочвенного орошения хлопчатника, ЦК КП Узбекистана и Совет Министров Узбекской ССР приняли меры по дальнейшему развитию технического прогресса в хлопководстве. Президиум ВАСХНИЛ в постановлении от 21 февраля 1973 г. «О ходе научных исследований внутрипочвенного орошения в Голодной степи» указал на необходимость расширения и углубления всесторонних исследований этого прогрессивного способа полива и образовал постоянную комиссию при Среднеазиатском отделении по внутрипочвенному орошению, которая разработала комплексную программу исследований и осуществляла координацию этой работы.

Идея внутрипочвенного орошения имеет более чем столетнюю историю, к ней неоднократно обращались ученые во многих разви-

тых странах. В Советском Союзе изучение внутрипочвенного орошения было начато в 1923 г. Однако до 50-х годов из-за отсутствия дешевых и долговечных материалов для этой системы способ не находил широкого производственного применения, исследования носили эпизодический характер. В связи с производством полимеров интерес к внутрипочвенному орошению заметно возрос, расширились и углубились исследования, получены интересные результаты.

Большой вклад в разработку научно-технических основ внутрипочвенного орошения внесли В. Г. Корнев и А. Н. Костяков, а за последние 10—15 лет А. А. Богушевский, М. С. Григоров, Ф. В. Игнатенко, В. Н. Кичигин, В. Г. Лабода, В. М. Легостаев, В. А. Сурин, М. Г. Хубларян, Г. Ю. Шейкин, Л. Е. Чернышевская, Д. Ф. Файзуллаев, В. М. Маслеников, М. П. Мухтаров, М. Х. Хасанов, В. Г. Лунев и многие другие.

Предложен ряд интересных конструктивных решений, разработана система автоматического внутрипочвенного орошения садоводникоградных культур в условиях сложного рельефа (САНИИРИ), разработана и испытывается так называемая циклическая водоносно-аэрационная система с программным управлением (Укрнипробхоз) и ряд других систем.

Заметных успехов в решении математических методов расчета влагопереноса и других научных аспектов ВПО достигли и ученые ряда зарубежных стран (США, Израиль, Австрия, Франция, ФРГ и др.). Однако системы внутрипочвенного орошения за рубежом применяются преимущественно для высокоценных культур и имеют довольно сложные конструкции с использованием оросительной воды, осветленной до «водопроводных» кондиций.

Внутрипочвенное орошение такой массовой культуры, как хлопчатник, на типичных для Среднеазиатского региона суглинисто-сероземных почвах потребовало специального подхода к техническому решению проблемы. Первые опытные работы по применению данной системы орошения с кротонными и гончарными увлажнителями на хлопчатнике проведены под Ташкентом В. Р. Ридигером и В. Е. Еременко, на мелких делянках получены обнадеживающие результаты.

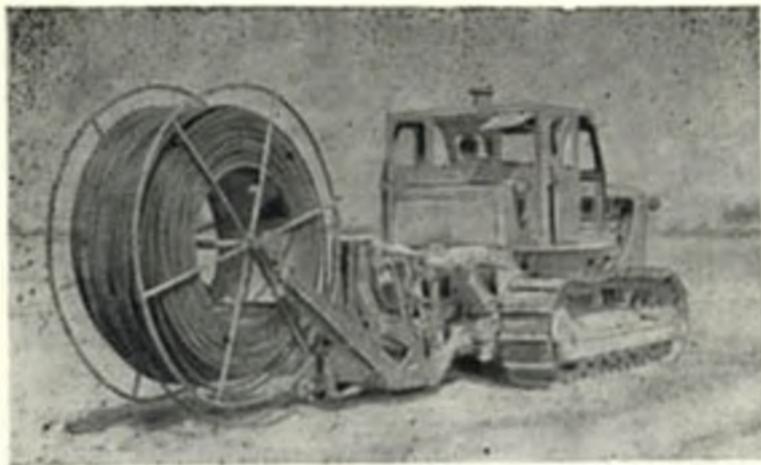
Системы с увлажнителями из перфорированных полиэтиленовых трубок впервые применены в 1967 г. под Ташкентом на опытном поле СоюзНИИХИ, а с 1968 г. такие опыты ведутся в Таджикистане (ВНИИГиМ), Азербайджане и других республиках.

В 1970 г. на землях нового орошения Голодной степи по инициативе П. П. Лобанова Главсредазирсовхозстрой, Средазнипробхоз и ГСКБ по ирригации с участием СоюзНИИХИ и АФНИИ начали систематические исследования по внутрипочвенному орошению хлопчатника.

В совхозе «Самарканд» была построена первая очередь опытной системы внутрипочвенного орошения на площади 3 га, к 1971 г. было завершено строительство еще 7 га этой системы. Почвы участка — типичные для Голодной степи сероземы, в верхних горизонтах незасоленные, по механическому составу — легкие суглинки. Грунтовые воды к началу строительства залегали на глубине 20—6,5 м, минерализация их составляла 5—7 г/л. Участок разбит на 33 делянки, 9 из них с бороздковым поливом являлись контрольными. Каждая делянка имеет самостоятельный водозабор, оборудованный водомерным устройством. Источником орошения служит лотковый распределитель с высотой командования 1,7—1,9 м. Сеть трубок-увлажнителей, заложённых на глубину 40—45 см, выполнена в нескольких вариантах: расстояние между увлажнителями составляет 0,9, 1,2, 1,8 м, диаметр их телескопический — 38, 28, 20, 16 мм. Длина трубок-увлажнителей — 200 м, уклон равен уклону поверхности участка и составляет 0,002.

В 1972 г. в совхозе № 1 им. Г. Волкова на участке площадью 8 га была построена вторая опытная система. По почвенным и гидрогеологическим условиям участок несколько отличается от предыдущего. Почвы с поверхности слабозасоленные, грунтовые воды более минерализованы, залегают они на глубине 2,5—3,0 м. Участок разбит на 13 делянок длиной 200 м и шириной от 14,4 до 48 м. Система имеет два водовыдела, оборудованных небольшими отстойниками и водомерными устройствами. Источник орошения — открытый канал с высотой командования около 1,5 м. Сеть трубок-увлажнителей так же, как и на участке в совхозе «Самарканд», выполнена в нескольких вариантах: расстояние между увлажнителями составляет 1,0, 1,2, 1,5 и 1,8 м, диаметр их — 28, 20, 16 и 12 мм. Длина увлажнителей на 12 делянках — 200 м. На одной из делянок применена схема «елочка», длина увлажнителей здесь составляет 2×24 м, диаметр 12 мм.

В 1973 г. в Таджикистане в совхозе «40 лет Таджикистана» на участке площадью 4,5 га запроектирована и к посевной построена третья опытная система. Особенность участка состоит в больших уклонах местности (0,01) и небольшой мощности (1,0—1,5 м) почвенного горизонта, подстилаемого галечником. Систе-



Бестраншейная укладка полиэтиленовых увлажнителей ВПО в совхозе им. Ворошилова трубоукладчиком ТВО-50 конструкции ГСКБ по ирригации.

ма имеет один водовыдел. Источник орошения — трубчатый распределитель с рабочим напором в точке водовыдела 7 м. Участок разбит на 8 делянок. Расстояние между увлажнителями — 1,0 м, диаметр увлажнителей — 28, 20, 16 и 12 мм, длина — 400 м. На 4 делянках применены трубки с перфорацией типа «клапан», на остальных они имеют колотую круглую перфорацию диаметром 1,5—2,0 мм.

В том же 1973 г. Главсредазирсовхозстрой приступил к строительству первой опытно-производственной системы внутрипочвенного орошения в совхозе им. К. Ворошилова. Эта система предусматривалась уже на площади полеводческой бригады (120 га) и была завершена к весне 1976 г.

Так от небольших по размерам опытных участков был осуществлен переход к экспериментам большого масштаба (рис. 14). В совхозе им. К. Ворошилова в производственных условиях изучалась и уточнялась технология строительства и эксплуатации этих систем, а также возделывание хлопчатника, организация и структура полеводческой бригады как производственного подразделения, организация труда сельскохозяйственных рабочих и ряд других теоретических вопросов, которые не могли быть решены на небольших опытных делянках.

В результате эксплуатации систем установлено, что в целях предотвращения заиливания увлажнителей необходимо строительство отстойников. Однако и при них система должна промываться через 3—5 лет. При размещении распределительной и увлажнительной сети рядом с лесопосадками наблюдалось проникновение корней деревьев в полость труб.

В 1977 г. ГСКБ по ирригации, на которое возложено строительство и эксплуатация систем, приступило к закладке третьей очереди

на площади 180 га, завершено строительство в 1979 г.

Участок, выбранный для производственной системы в Голодной степи, характерен для многих других районов Узбекистана; уклоны местности малы, колеблются от 0,001 до 0,0001, грунтовые воды слабо минерализованы, залегают на глубине 2,5—3,5 м, почвы с поверхности не засолены. Только в Узбекистане, по данным Средазгипроводхлопка и САНИИРИ, такие характеристики почв имеют 775 тыс. га, или более четверти всех орошаемых площадей (в Голодной степи — 200 тыс. га, Джизакской — 70, Каршинской — 150, Сурхан-Шерабадской — 60, Дальверзинской — 80, в Центральной Фергане — 90 и низовьях Амударьи — 125). С усовершенствованием системы внутрипочвенного орошения границы применения этого перспективного способа расширятся.

Результаты теоретических, полевых и лабораторных исследований, проводившихся в Голодной степи в 1970—1974 гг., нашли отражение в сооружении второй очереди системы в совхозе им. К. Ворошилова на площади 120 га. По сравнению с первой очередью изменена схема сети, уменьшены размеры и количество перфорационных отверстий, предусмотрен полив по модулированной системе — тактами по 8—10 га.

По мере ввода в строй опытных систем увеличивался объем исследований, расширялся круг разрабатываемых вопросов, связанных с проблемой, и состав исполнителей. Так, в 1974 г., кроме Средазгипроводхлопка, СоюзНИИИ, Отделения по внедрению мелиоративной техники ГСКБ по ирригации и АФНИИ, принимающих участие в работах с 1970 г., участвовали САНИИРИ и Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР

Отстойник из лотков ЛР-100 на участке ВПО в совхозе им. Ворошилова



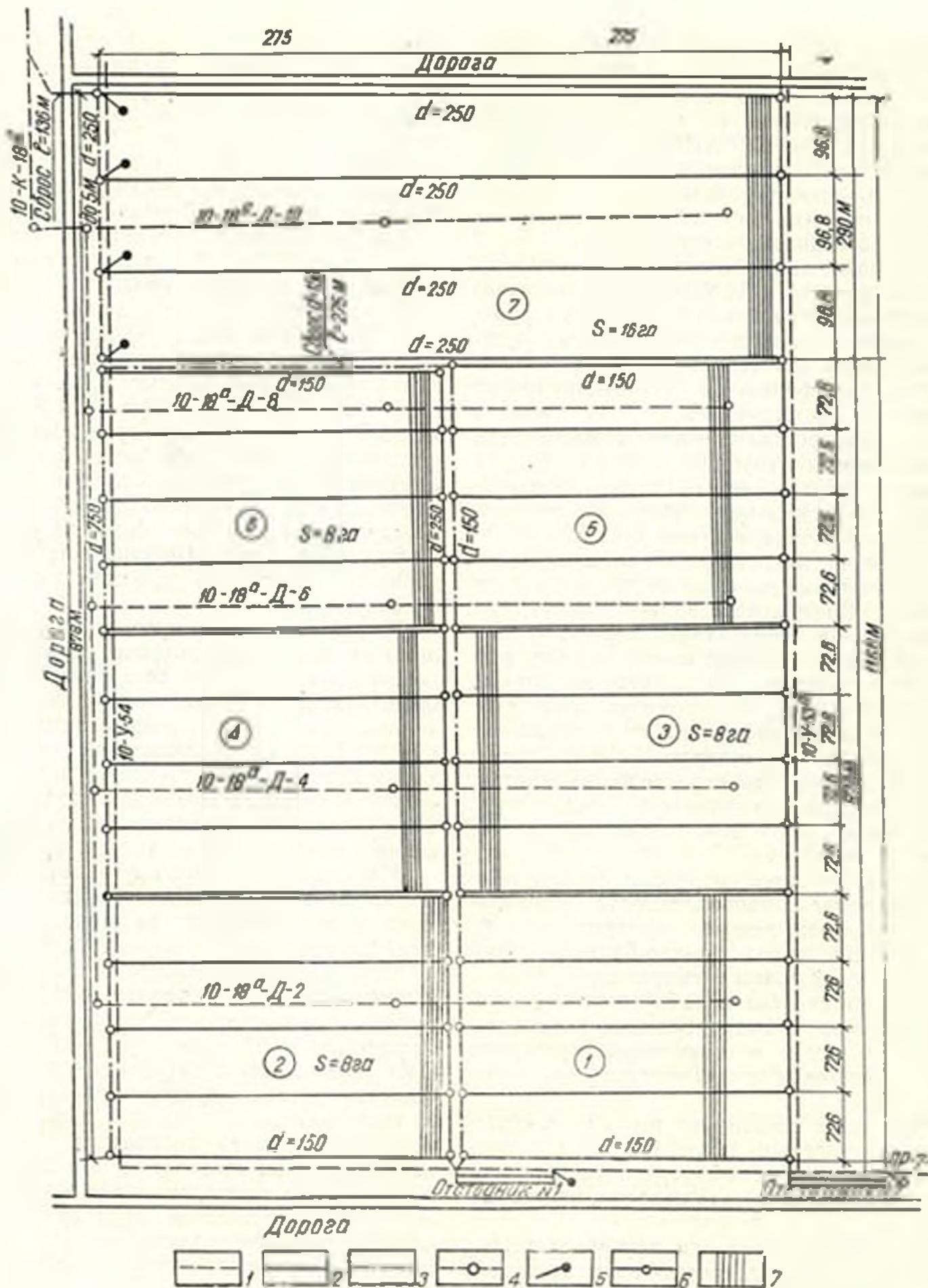


Рис. 14. Схема опытно-производственной системы ВПО в совхозе № 10:

1 — лотковая оросительная сеть, 2 — трубчатый распределитель, 3 — сбросная сеть $\Phi 150$, 4 — дренажная сеть закрытая, со смотровыми колодцами, 5 — водопомп из лотка, 6 — колодец на трубчатом распределителе, 7 — трубчатые полиэтиленовые увлажнители (цифра в кружке — номер делянки).

Примечание. Трубки увлажнителя $d=20$ мм, шаг — 1,2 м. Перфорация: колотые отверстия диаметром 1,1 мм, 40т/в.м.

(ИМиСС). С 1975 г. в исследованиях принимает участие Почвенный институт им. В. В. Докучаева. Координацию исследований ведет постоянная комиссия по внутрипочвенному орошению при САО ВАСХНИИ через Средазгипроводхлопок. Кроме того, Средазгипроводхлопок начал проектирование систем внутрипочвенного орошения и с 1973 г. значительно расширил исследовательскую работу.

Постоянная комиссия по внутрипочвенному орошению при САО ВАСХНИИ и Главсредазирсовхозстрой разработали специальную программу, включающую изучение процесса впитывания, элементов техники полива (время добега, распределение пьезометрических напоров и т. д.), структуры водного баланса зоны аэрации, пространственной изменчивости влажности почвы и глубины уровня грунтовых вод при внутрипочвенном орошении. Одновременно исследовались параметры рационального режима орошения, системы обработки почвы и удобрений, возделывания загущенных посевов хлопчатника на фоне внутрипочвенного орошения. Совершенствовалась технология строительства и эксплуатации систем, осуществлялся систематический контроль за их техническим состоянием. Достигнуты некоторые успехи в механизации процесса укладки труб-увлажнителей и перфорации их с заданным шагом и диаметром отверстий. Разработаны технологические карты строительства систем. Скопструированы и изготовлены соединительные элементы сети и запорная арматура облегченного типа.

Изучались также вопросы, связанные с прогнозированием направленности мелнорадивных процессов, режима грунтовых вод, их минерализации, водно-солевого баланса корнеобитаемого слоя почвы и гидравлики систем.

Для теоретических и лабораторных исследований в области гидродинамики потока переменной массы и влагопереноса привлечен Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР.

В результате семилетних поисковых, опытно-производственных исследований и производственного внедрения внутрипочвенного орошения хлопчатника можно подвести некоторые итоги.

Управление поливом при внутрипочвенном орошении легко поддается автоматизации, производительность труда при этом резко возрастает. Необходимость в такой категории сельскохозяйственных рабочих, как поливальщик, практически отпадает.

На участках при междурядьях 90 и 60 см достигается высокая урожайность хлопчатника — 32—42 ц/га, что на 5—10% выше, чем

на тщательно поливаемых и обрабатываемых контрольных делянках, и примерно на 15—20% выше, чем в производственных бригадах. При загущенном посеве с 30-сантиметровыми междурядьями в совхозе им. К. Ворошилова на участке площадью 4,7 га достигнута урожайность хлопчатника 56,3% ц/га, что более чем вдвое превышает среднюю урожайность по совхозу. Однако возможности внутрипочвенного орошения еще не полностью использованы, есть основания полагать, что урожайность хлопчатника в 60 и даже 70 ц/га при таком способе полива — не предел.

Затраты воды на производство 1 ц хлопчатсырца при внутрипочвенном орошении за все годы наблюдений примерно в 1,3—1,5 раза меньше, чем при хорошо организованном бороздковом поливе. Поверхность почвы остается сухой. Это уменьшает испарение, исключает необходимость в послеполивной обработке междурядий и упрощает борьбу с сорняками. Повышается также эффективность воднорастворимых удобрений и упрощается внесение их в почву.

Для практического проектирования определены расчетно-теоретические параметры плывово-высотной укладки сети внутрипочвенного орошения. В частности, для суглинистых сероземных почв аридной зоны оптимальной глубиной закладки увлажнителей следует считать 0,45 м, а расстояние между ними — 1,2 м.

Исследованы вопросы заиливания и рекомендованы методы промывки систем внутрипочвенного орошения в различных условиях.

Модулирована схема внутрипочвенного орошения по тактам полива. Площадь одновременного полива за такт на данном этапе рекомендуется принимать в размере 8—10 га.

Строительная стоимость систем внутрипочвенного орошения составляет около 5—6 тыс. руб/га. По предварительным расчетам, она может быть уменьшена до 3,0—3,5 тыс. руб/га. Срок окупаемости капиталовложений на строительство систем внутрипочвенного орошения за счет повышения производительности труда, роста урожайности хлопчатника и экономии поливной воды составит в перспективе 3—4 года. Основные резервы снижения материалоемкости и строительной стоимости подобных систем — полная механизация строительства; техническое совершенствование и оптимизация их параметров.

Можно полагать, что данная система орошения может явиться эффективной мерой по борьбе с вилтовым заболеванием хлопчатника.

Исследования внутрипочвенного орошения хлопчатника в Голодной степи, а также исследования, выполнявшиеся в других районах

страны и за рубежом, значительно обогатили теорию и практику внутрипочвенного орошения на современном этапе и создали реальную возможность для более широкого внедрения его в производственных масштабах. Тем не менее часть задач исследована еще недостаточно, а ряд вопросов требует дополнительного изучения.

Наиболее важные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проблеме внутрипочвенного орошения хлопчатника, на которых в ближайшие годы должно быть сосредоточено внимание, по нашему мнению, следующие.

Во-первых, это почвенно-мелиоративные и инженерно-мелиоративные исследования, которые необходимо проводить на действующих и проектируемых системах внутрипочвенного орошения; они должны включать натурные наблюдения для получения фактических данных, освещающих

оптимальный режим орошения и элементы техники полива (сроки и нормы полива, впитывание, продолжительность полива, распределение и время стабилизации пьезометрических напоров),

режим влажности зоны аэрации, движение солей в корнеобитаемом слое почвы,

элементы водного баланса (водоподача, дренажный сток, испарение и транспирация).

Особое внимание следует уделять изучению процесса соленакопления в надтрубном слое почвы. Необходимо установить закономерности перераспределения солей в почвенном профиле и разработать приемы предупреждения засоления. Вероятными путями решения могут быть промывной режим орошения, а там, где это невозможно, новые конструкции систем, позволяющие регулировать водно-солевой баланс.

Необходимо отметить, что уже промывка засоленных земель традиционным способом при большом дефиците оросительной воды почти невозможна. В этих условиях поиски эффективных методов — вопрос большой важности. Использование для промывки засоленных почв омагниченной воды для систем внутрипочвенного орошения увеличит эффект от промывки, мы предполагаем провести такие опыты в условиях сильнозасоленных земель Голодной степи.

Следует расширить теоретические и лабораторно-полевые исследования с целью установления зависимостей впитывания, а также эпор влажности для типичных грунтов.

При проведении опытов следует иметь в виду получение исходных данных (зависимости

всасывающего давления и влагопроводности от влажности) для решения задач влагопереноса на ЭВМ.

Представляется целесообразным провести экспериментально-теоретические исследования закономерностей неустановившегося движения двухфазной жидкости с переменным во времени и по пути расходом. В частности, для обоснования и разработки мероприятий по предупреждению и борьбе с заиливанием систем внутрипочвенного орошения следует изучить характер распределения концентраций взвешенных частиц и их отложений по длине транзитных труб и увлажнителей, а также влияние пульсации скоростей и некоторых специальных форм движения жидкости на ее транспортирующую способность.

Во-вторых, это агротехнические и агробиологические исследования, которые следует продолжить с целью изучения влияния различных режимов орошения, систем обработки и удобрений на развитие и урожайность растений. По-видимому, следует испытать наиболее перспективные для внутрипочвенного орошения сорта хлопчатника. Эти исследования должны быть направлены на разработку эффективной технологии возделывания хлопчатника, позволяющей получать максимально возможные урожаи.

В-третьих, это разработка комплекса сельскохозяйственных и строительных машин и механизмов. При строительстве систем внутрипочвенного орошения в первую очередь необходимо продолжить работы по механизации таких операций, как перфорация и укладка трубок-увлажнителей, укладка и сварка магистральных и распределительных полиэтиленовых водоводов, монтаж и приварка водовыпусков к распределительным трубопроводам.

Для решения поставленных задач следует, учитывая накопленный опыт, разработать 2—3 варианта технологических схем производства работ, для каждого определить состав и производительность машин и механизмов, произвести технико-экономическое сравнение вариантов, для оптимального варианта разработать комплекс машин, изготовить опытные образцы и испытать их.

Новая сельскохозяйственная техника должна быть разработана для возделывания и уборки загущенных посевов хлопчатника.

В-четвертых, эта разработка систем автоматизации и управления поливом при внутрипочвенном орошении.

На опытно-производственном участке в совхозе им. К. Ворошилова следует, продолжая начатые работы, доработать и обеспечить нормальное функционирование систем автомати-

ческого управления поливом (САУП-АФИ) на основе датчиков предполивной влажности почвы. Наряду с этим целесообразно разработать систему программного управления поливом с обратной связью, имея в виду широкое применение средств гидроавтоматики (регуляторы уровней, давления, расхода, запорной автоматической арматуры и т. д.), электроники и ЭВМ. На наш взгляд, особое внимание должно быть уделено поискам путей автоматизации систем с использованием возможностей, заложенных в самом принципе внутрипочвенного орошения: в зависимости от температурных и

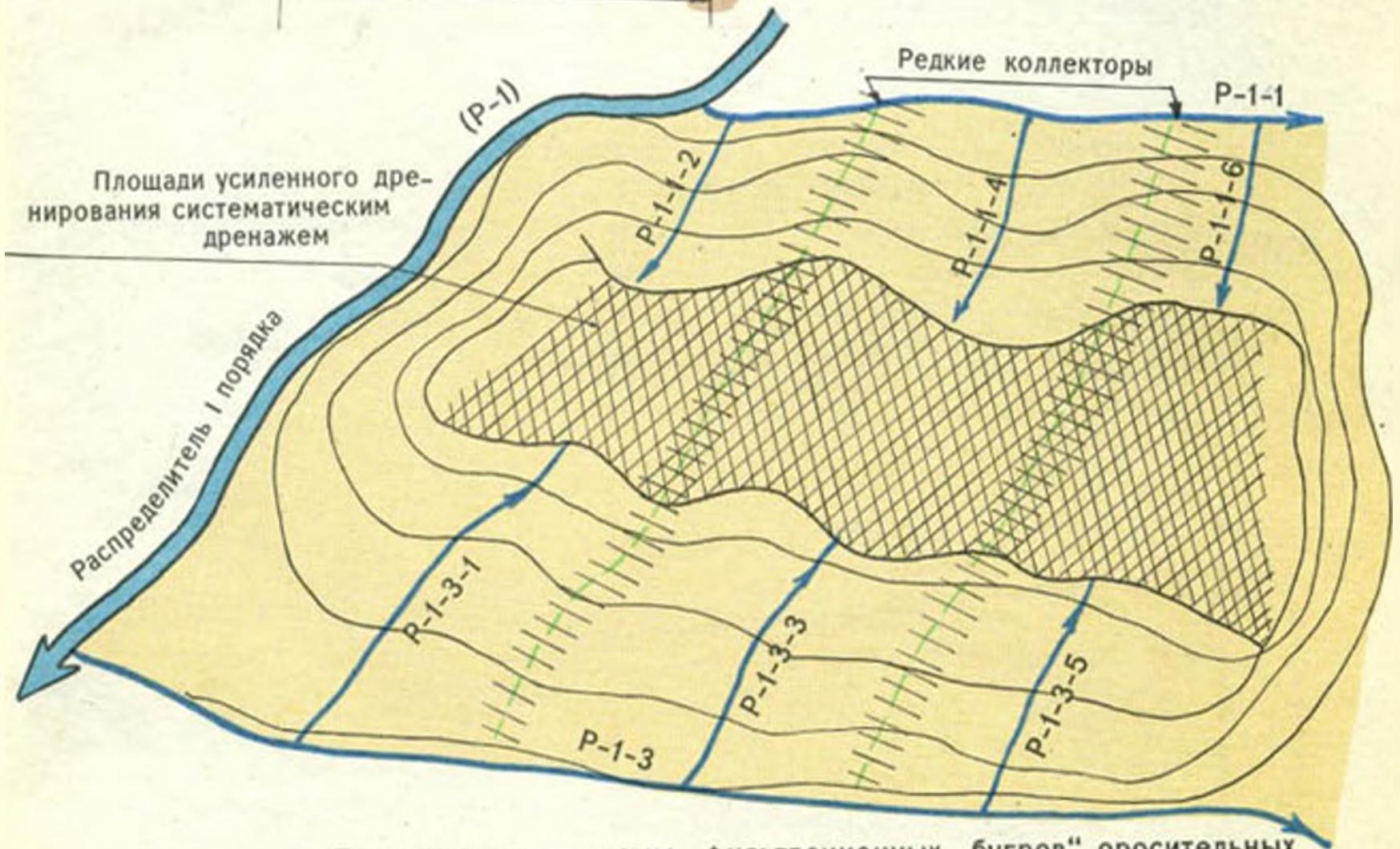
влажностных режимов регулировать всасывающую силу почвы дифференциацией напоров по времени.

Для внедрения новой системы орошения такой массовой культуры, как хлопчатник, требуется еще много усилий научных, проектных и производственных организаций, остаются еще нерешенным ряд вопросов, помне перечисленных выше. В частности, пока еще недостаточно изучен вопрос полива севооборотных культур хлопкового комплекса, требуется новый подход к созданию уборочной и другой техники.

а

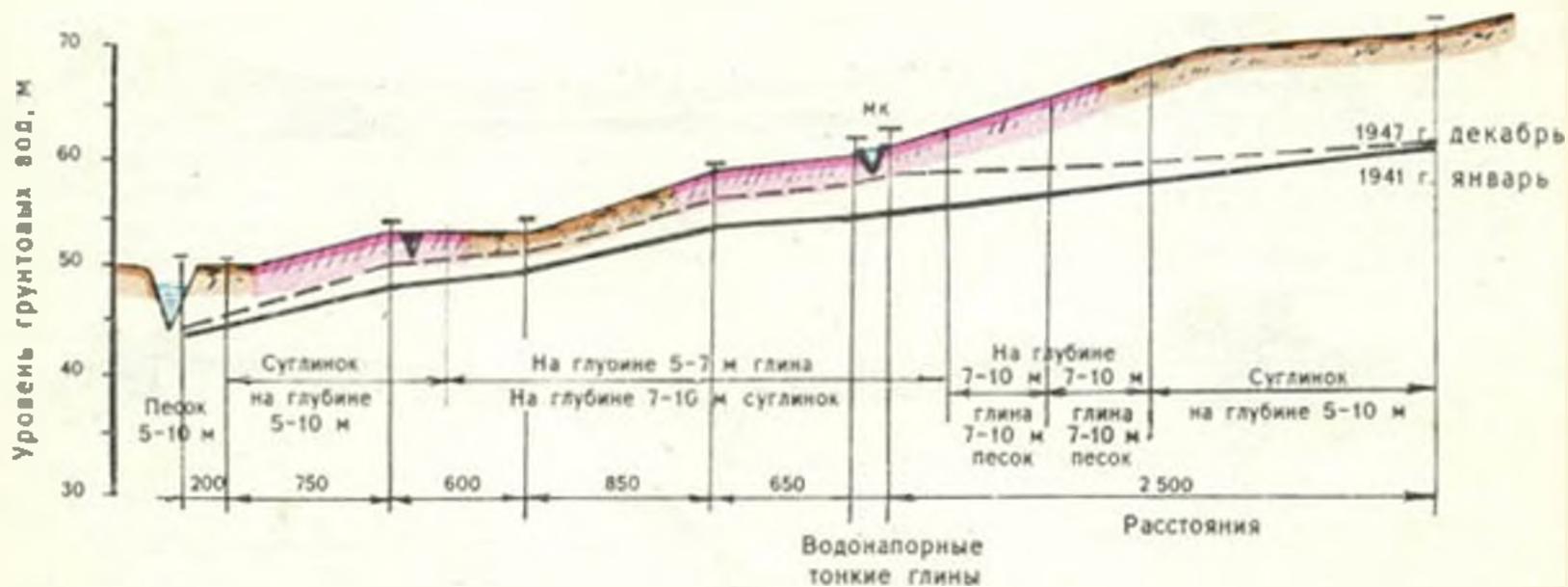


б



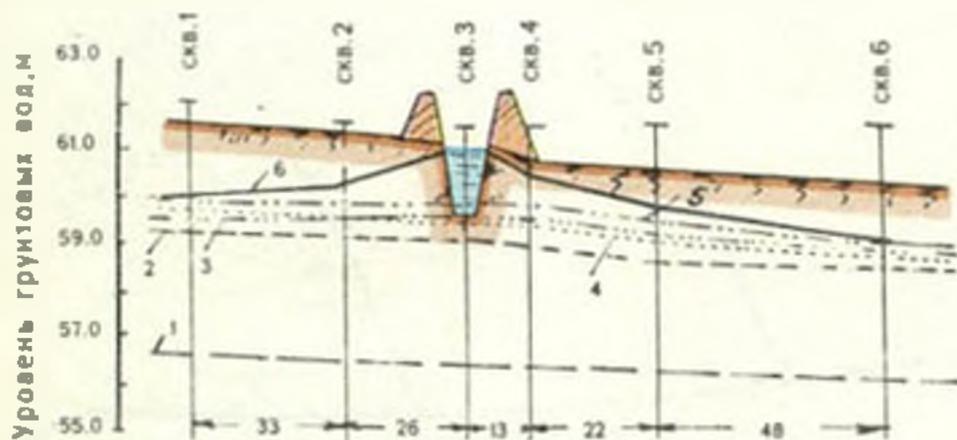
Принципиальные схемы „фильтрационных бугров“ оросительных каналов:

- а - без дренажа
- AA A₁ A₂ - контуры фильтрационного бугра (пресная линза)
- AB - пояса опреснения (интенсивного)
- BB - пояса опреснения (замедленного)
- BB' - пояса интенсивного засоления в бездренажных условиях
- б - с дренажем



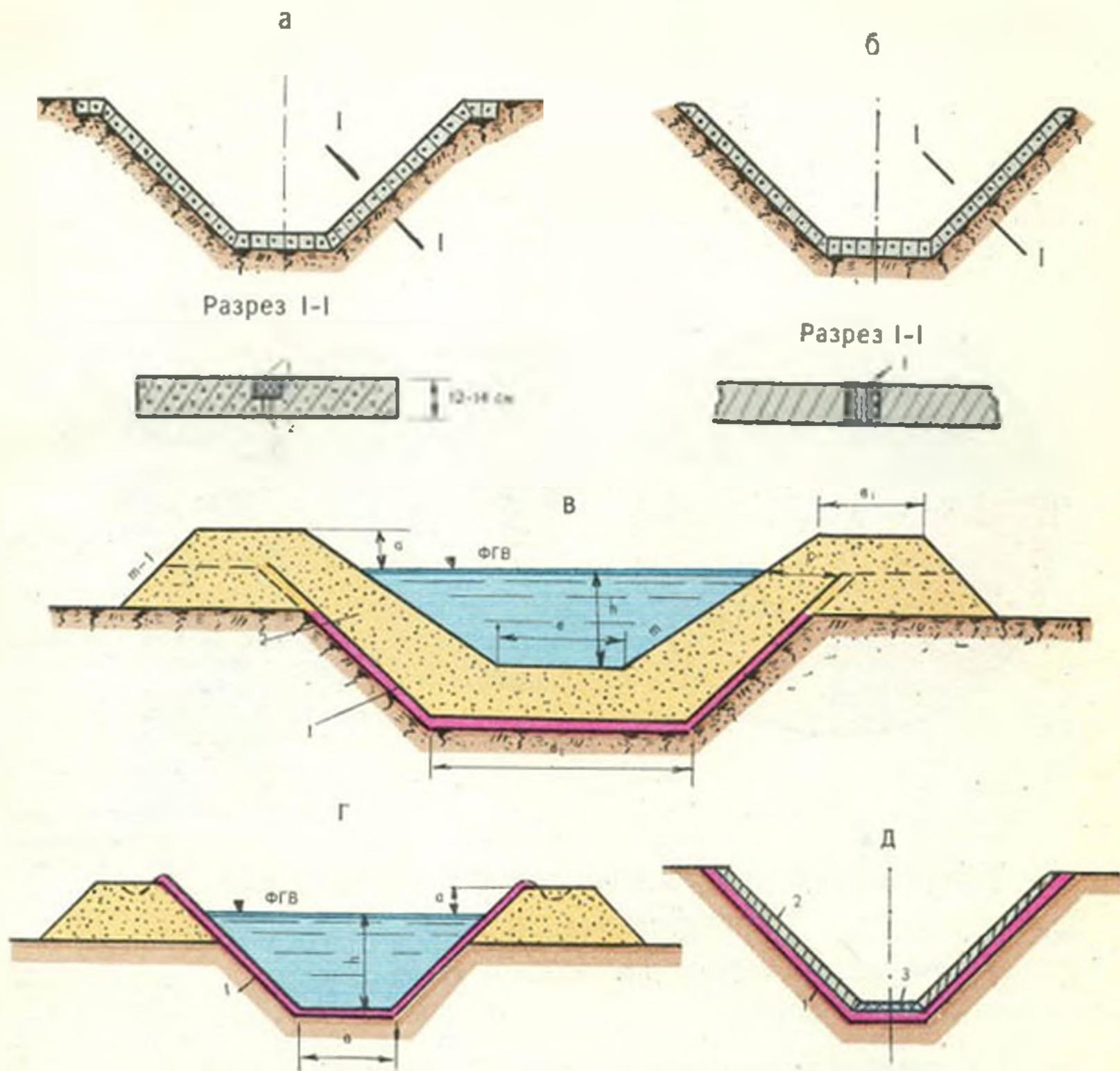
Подъем грунтовых вод на орошаемых землях в речной долине

- неорошаемые земли
- орошаемые земли
- горизонты грунтовых вод
- распределитель
- магистральный канал
- буровые скважины



Влияние магистрального канала на уровень грунтовых вод

- уровень грунтовых вод 1/XI первого года работы канала
- то же 5/VI пятого года (до пуска воды в магистральном канале)
- горизонт воды 30/VI пятого года (на 25-й день после непрерывной подачи воды в магистральном канале)
- то же 6/VII пятого года (на второй день после прекращения подачи воды в магистральном канале)
- то же 20/VII пятого года (на 19-й день после непрерывной подачи воды в магистральном канале)
- уровень грунтовых вод на 1/X пятого года работы канала



Конструктивные элементы каналов с бетонной, железобетонной одеждой (а,б) и антифильтрационными экранами (в,г,д)

а- однослойная монолитная облицовка:

1-битумная мастика; 2-доска пропитанная битумом

б- сборная облицовка из плит:

1-мастика из минезола

в- экран из пленки, уложенный по траншейной схеме:

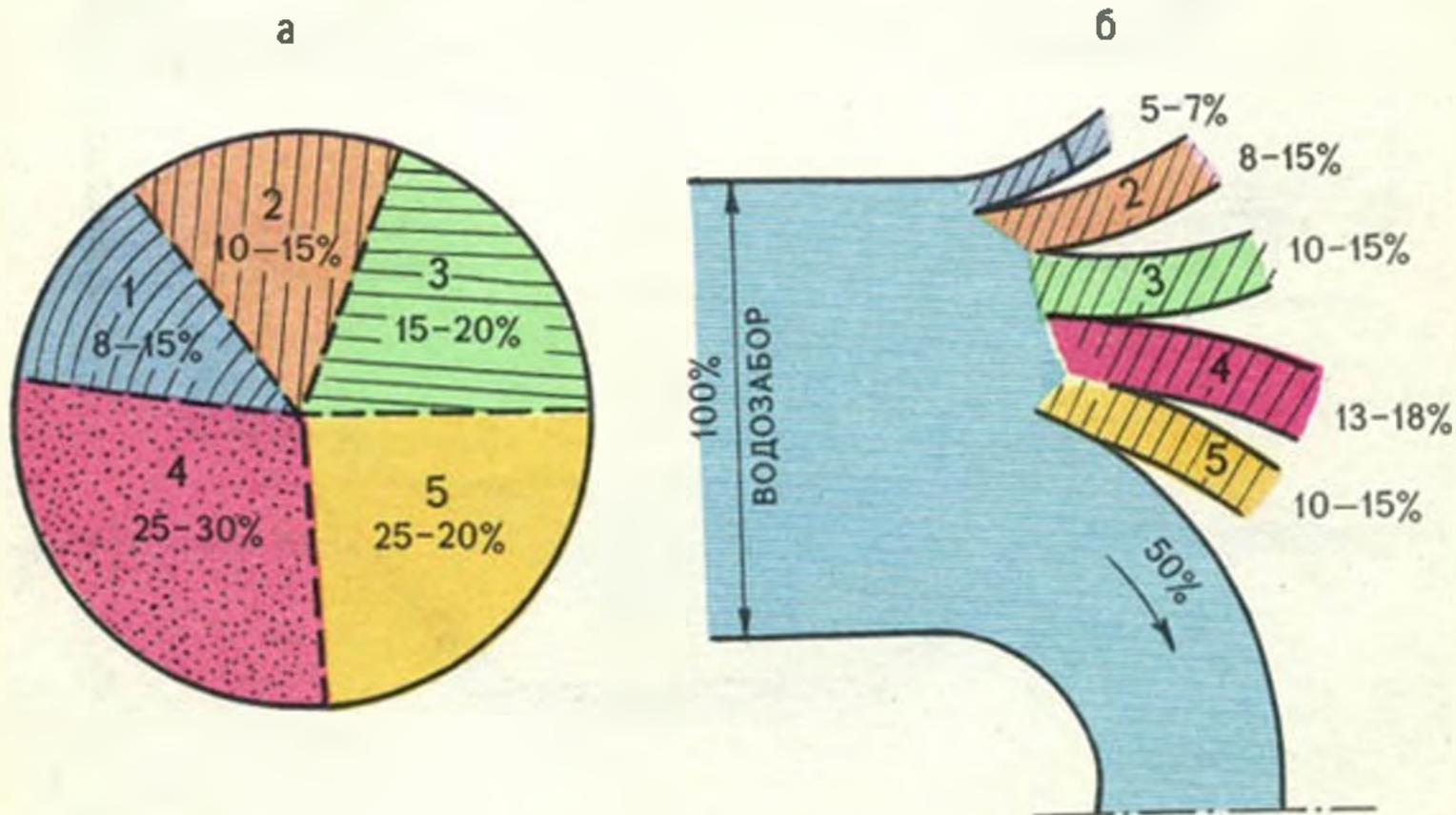
1-пленка; 2-защитный слой

г- временный поверхностный экран из полимерной пленки:

1-пленка

д- комбинированная облицовка каналов:

1-плёнка; 2-сборная облицовка из плит; 3-монолитный бетон;



Распределение потерь воды в основных элементах оросительных систем

а – суммарная величина потерь в оросительной системе, принятая за 100%

б – суммарная величина потерь воды в оросительной системе, составляющая 50% от водозабора

1 – потери воды в магистральном канале и его ветвях;

2 – потери воды в крупной межхозяйственной распределительной сети (распределители I порядка);

3 – потери воды в средней межхозяйственной распределительной сети (распределители II порядка);

4 – потери воды во внутрихозяйственной распределительной сети;

5 – потери воды на поливных участках (потери на поливе)

Глава VII. ПОТЕРИ ВОДЫ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ И МЕРЫ ПО ИХ СОКРАЩЕНИЮ

В районах орошаемого земледелия вода имеет исключительную ценность. За годы Советской власти на территории Узбекистана выполнены грандиозные работы по реконструкции головных водозаборов, постройке водохранилищ, созданию каналов, обеспечивающих кольцевание ряда местных водонесущих для более полного использования их стока, и повышению технического уровня оросительных систем. Для орошения и обводнения пастбищ начато использование подземных вод орошаемых оазисов и смежных с ними пустынных районов.

Несмотря на то, что первоочередной задачей водного хозяйства остается все более полное использование ресурсов водных источников, многие из существующих ирригационных систем испытывают недостаток воды для поливов сельскохозяйственных культур. В маловодные годы часть площадей, подкомандных оросительным системам, не поливается. К этой мере прибегают ради получения урожая основной производственной культуры — хлопчатника.

Недостаток водообеспеченности отражается на всех сельскохозяйственных культурах (люцерна, кукуруза, бахчевые и др.). В то же время использование воды, забранной из источников орошения, сопровождается значительными ее потерями в процессе орошения, в основном на системах старых районов орошения, которые, имея низкий технический уровень, характеризуются большими величинами фильтрационных и эксплуатационных потерь воды.

В Узбекистане насчитывается около 900 самостоятельных оросительных систем с суммарным водозабором, превышающим 40 км³ в год. Опыт эксплуатации этих систем и результаты специальных исследований показали, что потери воды в каналах современных оросительных систем, проложенных, как правило, в земляных руслах и не полностью армирован-

ных регулирующими сооружениями, в среднем составляют от 40 до 50% забранной из источника воды. Эти значения характеризуют величину потерь в системе всех постоянных распределительных каналов от магистрального до участкового распределителя.

Эксплуатационная служба ММВХ УзССР определила величину КПД ирригационных систем за 1971—1975 гг., обеспечивающих подачу воды хозяйствам (КПД межхозяйственной сети) в пределах 0,74—0,95 для некоторых областей республики. Для всей республики эти значения составляли примерно 0,78—0,81. КПД системы внутрихозяйственных распределителей, установленный для многих хозяйств Хорезмской, Бухарской, Самаркандской, Ферганской, Кашкадарьинской областей, находится в пределах 0,75—0,55, поэтому становится очевидным народнохозяйственное значение эффективных мер по сокращению потерь оросительной воды.

Мелноративный аспект вопроса о потерях оросительной воды для ряда орошаемых оазисов УзССР приобрел большую актуальность. Рассматривая проблему потерь воды на оросительных системах, нельзя оставить без внимания вопрос о потерях воды на поливных картах. Исследования в этом направлении позволили выявить, что эти потери весьма существенны вследствие недостатков техники полива и его проведения.

Большие исследовательские работы, выполненные на оросительных системах Узбекистана рядом институтов (прежде всего САНИИРИ и ВНИИГиМ), позволяют судить о размерах потерь воды в отдельных звеньях систем, их природе, методах расчета и изучения и, наконец, о технико-экономической эффективности мероприятий по их сокращению.

Перспективы дальнейшего развития орошения предусматривают доведение площади орошаемых земель в республике до 4,4 млн. га. Успешное выполнение этих планов при отме-

ченной ограниченности водных ресурсов требует широкого производственного применения эффективных мер борьбы с потерями воды на оросительных системах всех волохозяиственных организаций республики.

Опыт эксплуатации оросительных систем в новой зоне орошения Голодной степи, которые характеризуются тем, что протяженность бетонированных каналов, каналов-лотков и трубопроводов составляет около 98% общей длины сети, убеждает в том, что КПД этих систем может быть доведен до значений 0,85—0,93, в то время как без противофильтрующих мероприятий он был бы на уровне значений КПД систем в старых районах орошения и составлял 0,52—0,56. Этот результат свидетельствует о больших внутренних резервах оросительной воды.

Рассмотрим потери воды, их природу и размеры. Эффективно бороться с потерями воды в оросительной системе можно тогда, когда правильно определены причины, их порождающие, и размеры этих потерь.

Вода, забираемая из водного источника для орошения, должна быть превращена в запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы на площади поливных участков. Из этого слоя и будут извлекать их растения.

Часть забранной воды — расходы или стоки, которые по распределительным каналам до поливных участков не доходят, — считается потерянной в этих каналах; та вода, которая, поступив на поливные участки, запаса влаги в корнеобитаемом слое почвы не составляет и рассолительного эффекта не дает, а уходит в грунтовые воды, считается потерянной непосредственно на поле.

Возможные источники потерь воды в каналах оросительной системы: фильтрация через грунты, в которых проложены русла каналов (S_ϕ), испарение с водной поверхности в каналах (S_n), совокупность потерь, связанных с недостатками технического состояния каналов системы и их арматуры. Этот вид потерь называют эксплуатационными потерями (S_2).

Сумма потерь воды на оросительной системе определяется зависимостью

$$S = S_\phi + S_n + S_2$$

Так как природа этих потерь принципиально различна, то и средства борьбы с ними неодинаковы. Поэтому прежде всего представляет интерес, какую долю в общей величине S имеют составляющие. Результаты исследований позволяют ответить на этот вопрос. Часть названных составляющих S_ϕ и определенная часть S_n , проникнув в толщу почвогрунтов, достигают грунтовых вод, питают их, увеличи-

вают запасы и поднимают их уровень к поверхности.

В районах, где подземный отток слаб или практически отсутствует (плоские аллювиальные равнины, нижние части конусов выноса, дельтовые районы), можно считать, что величина подъема уровня грунтовых вод ΔH прямо пропорциональна размерам питания грунтовых вод той частью фильтрационных, которая достигла их уровня.

Зная величину потерь воды в канале, подающий расход на поля Q нетто, можно определить расход Q брутто:

$$Q_{бр} = Q_{н} + S_k, \text{ м}^3/\text{с},$$

который должен быть забран в канал.

Известно, что величина $\eta_c = \frac{Q_n}{Q_{бр}}$ — КПД канала, выраженный в долях единицы или в процентах, является мерой полезного использования воды, поданной в канал.

Распространяя такую оценку на систему взаимосвязанных каналов, имеем

$$\eta_c = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \dots$$

где

η_1 — КПД системы,
 η_2, \dots, η_n — КПД элементов, составляющих оросительную систему (магистральный канал, распределительная сеть, внутрихозяйственная сеть).

Следует, однако, иметь в виду, что в составе этих элементов, кроме магистральной, межхозяйственной и внутрихозяйственной сетей, в каждом из которых отмечаются те или иные потери воды, должны быть учтены и потери воды на поле, при поливе, оцененные через

$$\eta = \frac{m_{пл}}{m_{факт}}, \text{ м}^3/\text{га},$$

здесь $m_{пл}$ — плановая поливная норма,

$m_{факт}$ — фактическая.

Величина η полива отражает те объемы воды, которые составляют потери на испарение, сбросы, глубинную инфильтрацию при поливе.

Потери воды в каналах системы определяются водопроницаемостью грунтов, в которых проложены их русла, протяженностью действующих каналов и их гидравлическими параметрами (Q и V).

Подъем воды на поливных участках зависит от соответствия элементов техники полива принятого способа орошения особенностям рельефа (с учетом влияния планировки на

микрорельеф) и водно-физическим свойствам орошаемых почв.

Величина η_c , выраженная через η элементов системы, позволяет оценить эффективность мер по сокращению потерь воды в каждом звене системы и показывает, что работы в этом направлении на одном из элементов (например, на магистральной сети), не дополненные борьбой за сокращение потерь на других элементах, ограничивают размеры КПД системы и снижают эффект выполненных антифильтрационных мероприятий. В связи с этим большую роль играют исследования, проведенные с целью выявления значений КПД отдельных элементов различных оросительных систем, и анализ причин, их определяющих.

«Мгновенная» фотография потерь воды и их величины необходимы для гидравлического расчета каналов и сооружений. Она, однако, не дает представления о суммарных объемах потерянной воды, возникающих за время действия того или иного канала или оросительной системы.

Если за время действия канала t , а системы каналов T (эти величины могут быть различными для каналов, работающих периодически) теряется вода S и ΣS , то объемы потерянной воды в канале — $W_n = St$, в системе $W_c = (\Sigma S)T$.

Значения S и ΣS имеют определенную динамику, закономерности которой очень сложны, так как определяются природными, техническими и эксплуатационными факторами. В частности, для периодически действующих каналов динамика потерь воды определяется тем, что процесс заполнения пор грунта водой описывается законом впитывания влаги в ненасыщенном почвогрунте $(K_v = \frac{K_1}{t^\alpha})$, а дальнейшее проникновение воды в грунт определяется законом фильтрации $(K_f = \frac{V}{l})$ и зависит от условий распространения фильтрационного потока в водопроницаемой толще и его подпора водоупорным слоем или зеркалом грунтовых вод.

* Одна из предложенных математических зависимостей (А. Н. Костяков), описывающих процесс впитывания влаги в ненасыщенную почву. Здесь K_1 — коэффициент водопроницаемой почвы в конце первого часа; α — показатель степени, равный 0,3—0,8 (среднее значение — 0,5) в зависимости от свойств почвы и ее начальной влажности; t — время от начала впитывания в часах; K_v — скорость впитывания в момент t ; V — скорость установившейся фильтрации; K_f — коэффициент фильтрации при полном насыщении почвы; l — гидравлический градиент.

Исследования последних лет выявили нестабильность фильтрационного потока в почвах во времени. Это связано с рядом факторов, в частности, снижение расхода связано с изменением геометрии порового пространства (влияние газов, воднорастворимых солей и т. п.).

Оросительная вода всегда содержит некоторое количество взвешенных наносов, представленных илесто-глинистыми фракциями, которые в процессе фильтрации коагулируют поры грунта или, оседая, создают слой осевших наносов, в результате чего существенно меняются условия проникновения воды в грунт. Совокупность этих и ряда других факторов за время действия того или иного канала определяет динамику $S(t)$.

Эксперименты, выполненные в этом направлении, позволили от чисто эмпирических зависимостей, которыми по необходимости долгое время оценивали величину фильтрационных потерь, перейти к оценке их формулами, отражающими физику явления.

В результате значительных натурных исследований количества фильтрационных потерь, выполненных уже в период 20—40-х годов САННИРИ (бывш. ОИИВХ) и ВНИИГНМ на ирригационных объектах Узбекистана, сбора и систематизации материалов службы эксплуатационной гидрометрии, А. Н. Костяков, обработав материалы учета потерь воды более чем по 700 пунктам, предложил простые и логичные экспериментальные зависимости вида

$$\varepsilon = \frac{\Lambda}{Q^x},$$

где ε — потери воды в зависимости от расхода канала на 1 км длины, %;

Λ — постоянный (для определенной категории грунтов) коэффициент, значения которого дифференцированы А. Н. Костяковым в зависимости от водопроницаемости грунтов;

x — показатель степени, также дифференцированный для разных типов грунтов.

(С. Гиршкан, В. Шарашкин в дальнейшем предложили зависимости аналогичного вида с $x = \text{const}$).

Указанные зависимости стали основными для расчета фильтрационных потерь при проектировании каналов оросительных систем. Их используют и по настоящее время. Однако ясно, что они совершенно не отражают функциональную зависимость потерь воды от описанных факторов, определяющих динамику их значений в постоянной и периодически дейст-

Таблица 11

Расчетные зависимости, предложенные для определения фильтрационных потерь из каналов оросительных систем, и условия, которым они соответствуют

Расчетная зависимость	Условия, которым они соответствуют	Принятые обозначения	Автор
$Q_{\text{ф}} = 0,0116 (B + 2H) K$ $Q_{\text{ф}} = K_1 (H + L) \left[\frac{b}{L'} + \frac{2}{s} \ln \times \left(1 + \frac{H \sqrt{1+m^2}}{L'} \right) \right]$	<p>Каналы непрерывного действия. Свободная фильтрация в однородной среде</p>	<p>B — ширина канала по урезу воды, м H — глубина воды в канале, м K — коэффициент фильтрации, м/сут</p>	<p>Н. Н. Павловский</p>
$Q_{\text{ф}} = K_1 (H + L) \left[\frac{b}{L'} + \frac{2}{s} \ln \times \left(1 + \frac{H \sqrt{1+m^2}}{L'} \right) \right]$	<p>Каналы непрерывного действия. Свободная установившаяся фильтрация в многослойной среде</p>	<p>L — суммарная мощность рассматриваемой толщи грунта</p> $L' = l' + \sum_{j=1}^n \frac{\nu_j l_j}{K_j}$ <p>виртуальная длина пути фильтрации, l' — мощность первого слоя, n — количество слоев, l_j — мощность j-го слоя, ν_j — отношение коэффициентов, l_j — фильтрация первого и j-го слоев</p> $\nu_j = \frac{K_1}{K_j}$	<p>Туркмен НИИГиМ</p>
<p>$Q_{\text{ф. подп.}} = \eta Q_{\text{ф. своб.}}$</p>	<p>Каналы непрерывного действия. Подпертая фильтрация (подпор фильтрационного потока коренными грунтовыми водами)</p>	<p>$Q_{\text{ф. подп.}}$ — неустановившаяся подпертая фильтрация. η — отношение расходов свободной и подпертой фильтрации</p> $\eta = f \left(\frac{T^2}{\chi L} \right),$ <p>T — расстояние от горизонта воды в канале до водоупора. T_0 — мощность бытового потока грунтовых вод. χ — смоченный периметр канала. L — проекция депрессионной кривой (расстояние от канала до дренирующего стока)</p> $C_1 = \gamma \cdot K_1 \cdot T_0$ <p>C_1 — размерный коэффициент пропорциональностей, зависит от параметров фильтрационного потока и водно-физических свойств грунтов, м²/сут.</p> $T_0 = \frac{T + T_0}{2}$	<p>$Q_{\text{ф. подп.}}$ — неустановившаяся подпертая фильтрация. η — отношение расходов свободной и подпертой фильтрации</p>
$Q = 0,0116 L K_1 \left(1 + 0,5 \frac{H_к}{B} \right) \times (B + 2H)^2$	<p>Свободная фильтрация с учетом капиллярной силы почвогрунтов</p>	<p>$H_к$ — максимальная высота капиллярного поднятия в почвогрунтах ($H_к = 0,5 - 3,0$ м). K_1 — коэффициент капиллярной проницаемости при полной влагоемкости почвогрунта</p>	<p>С. Ф. Лверин</p>

Расчетная зависимость	Условия, которым они соответствуют	Принятые обозначения	Автор
$K_1 = K_0 \cdot z$	Фильтрационный расход из периодически действующих каналов	$K_1 = K_0 \left(\frac{W_1 - W_0}{m - W_0} \right)^{3,5}$ W_0 — потери на 1 км длины периодически действующего канала, % z — коэффициент, учитывающий средневзвешенную протяженность рабочей части канала по отношению к общей длине канала, $z = 0,5 - 0,8$ γ — поправочный коэффициент на время работы канала, $\gamma = f(t)$; $\gamma = 4,7 (t = 5 \text{ ч.})$ $\gamma = 1,2 (t = 120 \text{ ч.})$	

вующей сети каналов. В. Ведерников, С. Аверьянов и многие другие исследователи создали расчетные зависимости принципиально иного вида для определения размеров потерь воды на фильтрацию из каналов. Эти зависимости, опирающиеся на установленные законы впитывания и фильтрации, для определенных условий выражают величину фильтрационных потерь и их динамику во времени (табл. 11).

В связи с тем, что во многих районах оросительная сеть работает в условиях развитой системы коллекторов и дрен, на величину фильтрационных расходов из каналов оросительной сети влияют гидравлические уклоны грунтовых вод от действующих каналов в направлении к элементам коллекторно-дренажной сети.

Так возникает особый аспект рассматриваемого вопроса — выявление размеров фильтрационных потерь в условиях искусственно дренированных территорий. Данные исследований (Н. А. Янишевский), выполненных на объектах среднеазнатских систем еще в 20—30-х годах, показали, что в общей величине потерь воды эксплуатационные потери составляют величину, вполне равнозначную величине фильтрационных потерь. В связи с тем особое значение приобретает выявление наиболее крупных источников потерь и изучение их природы.

Таким образом, наиболее актуальным для максимального использования водных ресурсов является направление, связанное с разработкой эффективных мер по сокращению потерь во всех звеньях системы, в частности, изучение различных антифильтрационных одежд, экранов, обработок грунта по смочен-

ному периметру, разработка наиболее совершенных (по условиям минимума потерь) схем сети и конструкций гидротехнических и водомерных сооружений, обеспечивающих распределение расхода канала и подачу воды на участки в соответствии с плановыми нормами полива и т. п.

Советская ирригация Узбекистана гордится достижениями в каждом из названных направлений этой сложной проблемы. Они позволяют правильно наметить пути дальнейшего максимально полезного эффективного использования воды, забранной оросительными системами из источников орошения.

Исследования потерь воды начались с работ, в которых стремились установить количественную величину потерь для различных элементов систем, прежде всего для магистралей и крупных распределителей. С 1924 по 1934 г. размах этих работ непрерывно возрастал. Если к моменту организации ОИИВХ на 15 участках рек и каналов Средней Азии проведено 171 наблюдение, т. е. в среднем за год на 5 участков приходилось 57 наблюдений, то в 1929 г. на 4 участках — 52 наблюдения, в 1930 г. соответственно 1 и 11, в 1931 г. — 20 и 171.

Исследованиями были охвачены также магистральные каналы ирригационных систем, как Голодностепский (1926 г.) и Чардаринский (1937 г.), каналы Шават (Южный Хорезм, 1928 г.), Зах и Бозсу (1927 г.), Даргом (1927 г.), Осман (район р. Чу, 1929—1933 г.) и др.

С 1924 г. по 1928 г. научно-исследовательские отряды под руководством Н. А. Янишевского провели обширные полевые исследования потерь воды и КПД ирригационных систем.

тем в более чем 100 пунктах Средней Азии. Это были балансовые исследования, проводимые на типовых участках ряда систем с установлением потерь из каналов, фактических поливных норм и сбросов из сети.

Первые исследования дали большой фактический материал, получены значения коэффициентов проницаемости для различных грунтов (С) и, таким образом, проектировщики имеют значения параметров, позволяющие им для различных случаев пользоваться расчетными формулами А. Н. Костякова и других авторов для исчисления потерь, а, следовательно, и расходов «брутто».

Обобщение результатов позволило П. И. Васину (Труды САНИИРИ, вып. II, 1933) выступить с анализом применимости формул по учету потерь в каналах (формулы А. Н. Костякова и Морница) и внести уточнения в методику определения фильтрационных потерь. Работа А. И. Васина не потеряла практической значимости, в ней содержатся ценные данные о величине фильтрационных потерь, проницаемости различных грунтов в сочетании с характеристиками гидравлических элементов русел и характера ложа, в которых проведены исследования. Исследования позволили получить также весьма ценные материалы для эксплуатации оросительных систем по принципам планового водопользования.

Обработка полевых материалов позволила выявить количественные изменения не только за ряд лет, но и в значительно более короткие отрезки времени (месяц, декада). Установлена большая связь этих значений с условиями водопользования и доказано, что относительно рациональное водораспределение и водопользование на системе — одна из важнейших причин больших или меньших потерь, следовательно, более или менее высоких значений КПД систем.

О динамике КПД ирригационных систем (многолетние данные эксплуатации) Зарафшанской долины можно судить по следующим показателям:

Ирригационная система	1928	1931	1936
Часть долины			
верхняя	0,35	0,56	0,56
средняя	0,47	0,61	0,54
Грунт района			
правобережная	0,49	0,61	0,58
левобережная	0,60	0,65	0,55
Каракульская	0,41	0,56	0,60

О динамике КПД ирригационных систем республик Средней Азии свидетельствуют данные балансовых исследований за 1924—1927 гг.:

Показатель	Майли-сайская система (1925 г.)	Голодностепская система (1927 г.)	Система Шахруд (1925 г.)
Орошаемая площадь, га	6682,0	60075	40554
Головной расход в вегетационный период, м ³ /сек	9,6	52,6	21,4
Изменения КПД по месяцам			
III	—	—	0,42
IV	—	—	0,58
V	0,39	0,39	0,26
VI	0,33	0,50	0,42
VII	0,35	0,60	0,49
VIII	0,46	0,54	0,45
IX	0,33	0,32	0,62
X	0,32	0,48	0,38
За оросительный период (I.IV—30.IX)	0,36	0,43	0,49
За предпосевной период (2.IV—10.VI)	0,36	0,44	0,42
За вегетационный период (11.VII—30.IX)	0,36	0,1	0,18

Получены материалы для количественной оценки КПД систем в различных природных условиях, имеющих разный технический уровень.

Результаты специальных полевых исследований выявили крайне неудовлетворительное использование воды в действующих системах и открыли пути сокращения потерь и повышения КПД как за счет технических, так и чисто эксплуатационных мероприятий¹.

По мере того, как развертывалась служба технической эксплуатации оросительных систем (1940—1950 гг.), САНИИРИ и ВНИИГиМ способствовали вооружению ее новыми, совершенными приборами и методами учета расходов и потерь воды и, опираясь на штат этой службы, значительно увеличили полевые исследования. Особого внимания заслуживают производственные эксплуатационные исследования 1960—1965 гг., выполненные под руководством САНИИРИ и ТИИМСХ (А. И. Иванов, Н. Т. Лактаев, А. А. Рачинский) в районах Самаркандской, Бухарской, Ферганской и Хорезмской областей.

В связи с организацией в районах орошаемого земледелия крупных коллективных хозяйств с развитой сетью внутрихозяйственных каналов возникали новые задачи эксплуатационных оросительных систем, в которых особое место занимало рациональное использование поступающей воды. Появилась необходимость оценить распределение общей величины потерь в основных элементах системы.

¹ Янишевский Н. А. Материалы к курсу эксплуатации гидромелиоративных систем. Ташкент, 1945.

Определены следующие средние величины потерь от головного забора: магистральный канал — 15—20%, распределительная сеть — 10%, хозяйственная сеть (групповые и картовые оросители) — 20—30%.

Подробные исследования проведены научным сотрудником САНИИРИ В. Н. Шарашкиным¹ (1938—1941 гг.), который дал для Кировской оросительной системы (Голодная степь) следующее распределение всего количества потерь: магистральный канал и его ветки — 9%, распределительная сеть — 26%, групповые оросители — 27,8%, картовая сеть — 37,2%.

Обобщая результаты исследований, В. Н. Шарашкин показал иной, чем в каналах постоянной сети, характер потерь из каналов мелкой сети и обращал внимание на то, что динамика потерь из мелкой сети периодического действия определяется не законами фильтрации в условиях насыщенных грунтов, а принципиально иными законами впитывания в ненасыщенный грунт.

В. Н. Шарашкин подтвердил закон впитывания, установленный А. Н. Костяковым, и дал значения параметров α и K_1 для различных орошаемых районов Узбекистана. Для ряда каналов сравнивались потери воды при очередной и непрерывной их работе; дана количественная характеристика эффективности введения водооборота.

Особый интерес представляют характеристики некоторых факторов, влияющих на общую величину потерь. Дана оценка мертвого слоя воды в канале, зарастания мелкой сети, потерь в связи с подпорами горизонтов воды в канале для полива высоких земель и перебросками воды при неподготовленности орошаемых земель к поливу.

Данные исследований позволили В. Н. Шарашкину модернизировать формулы А. Н. Костякова типа $\alpha = \frac{A}{Q^2}$ % на 1 км с целью использования их для учета потерь в мелкой сети (групповые и картовые оросители).

Результаты изучения заставили обратить внимание на то, что потери в мелкой ирригационной сети складываются из потерь при транспортировке и эксплуатационных. Установлена значительная зависимость потерь в мелкой ирригационной сети от эксплуатационных условий, получивших подтверждение в последующих исследованиях САНИИРИ и ВНИИГиМ.

¹ Шарашкин В. И. О потерях воды при эксплуатации мелкой оросительной сети. Труды САНИИРИ, вып. 44, 1938.

В 40-х годах Г. И. Туркин и А. Н. Зинин (САНИИРИ) в Голодной степи проводили полевые исследования гидравлики потерь в каналах мелкой сети. Эти исследования позволили получить ответы на такие вопросы, как влияющие формы русла на величину потерь, зависимость потерь от величины заложения откосов канала, а также от величины отношения

$$\beta = \frac{b}{L}.$$

Опираясь на результаты полевых исследований, авторы предложили оригинальную схему расчета потерь в периодически работающих каналах, рекомендуя в качестве расчетной зависимости

$$I = 100 PK_n \text{ м}^3/\text{с на 1 км},$$

где P — смоченный периметр, м,

K_n — коэффициент впитывания.

Исследования САНИИРИ позволили оценить значение таких мероприятий, как улучшение состояния внутрихозяйственной оросительной сети, способствующее уменьшению эксплуатационных потерь и увеличению пропускной способности каналов, реконструкция сети в процессе эксплуатации, водопользование на основе внутрихозяйственного водооборота.

Получены данные к решению вопроса о путях укрупнения поливных карт за счет сокращения числа постоянных картовых оросителей, проанализированы результаты укрупнения поливных карт с позиций лучшего использования оросительной воды. Укрупнение поливных карт к этому времени шло повсеместно в связи с ростом механизации процессов сельскохозяйственного производства в колхозах.

В 1940—1941 гг. Т. А. Подковыров и В. В. Ладашевич (САНИИРИ) на полях колхоза «Октябрь» Мирзачульского района Ташкентской области исследовали эффективность временной оросительной сети и наряду с Г. М. Гусейновым (ВНИИГиМ) дали первые материалы о перспективах замены постоянных картовых оросителей временными.

В 1943—1944 гг. в лабораторных условиях САНИИРИ на фильтрационных лотках проведено изучение развития «фильтрационного бугра» в различных условиях (фильтрация в однородную почвенно-грунтовую толщу, фильтрация в условиях слоистых грунтов при подстилании толщи мелкозема как водопроницаемыми, так и водоупорными слоями). Исследовалось также взаимовлияние параллельно идущих оросительных каналов на развитие «фильтрационного бугра».

Таблица 12

Систематизированная сводка эффективности эксплуатационных систем инженерного водозабора в среднеазиатских республиках (по материалам 30 систем среднего и нижнего течения Амударьи), %

Мероприятия по повышению КПД различных по технической оборудованности систем	Площадь непереустроенной системы, га						Площадь полуинженерной системы, га			Площадь инженерной системы, м		
	< 25000	25000—50000	50000—100000	< 25000	25000—50000	50000—100000	< 25000	25000—50000	50000—100000	< 25000	25000—50000	50000—100000
	значения КПД систем											
	0,25—0,36	0,37—0,38	0,39—0,40	0,41—0,42	0,43—0,44	0,45—0,46	0,47—0,48	0,49—0,50	0,51—0,52	0,53—0,54	0,55—0,56	0,57—0,58
Работа по упорядочению водозабора	20—15	17—14	14—10	16—12	13—10	10—7	3—2	3—2	3—2	Не имеют места		
Упорядочение магистрального канала (борьба с очагами фильтрации и т. п.)	—	—	—	5—3	4—3	3—2	3—2	3—2	3—2	2—1	2—1	2—1
Переустройство межхозяйственной сети	—	—	—	10—8	8—6	7—5	12—10	11—9	10—8	Не имеют места		
Кольматаж каналов распределительной сети и работа по поддержанию канала	20—15	15—12	13—10	13—10	10—8	8—6	9—7	8—6	8—6	8—6	7—5	6—4
Переустройство хозяйственной сети	—	—	—	20—15	16—12	14—11	2—17	15—13	13—10	15—12	12—10	10—3
Система простейших антифильтрационных мероприятий на хозяйственной сети	25—20	19—17	16—13	20—18	17—14	20—17	16—13	13—10	15—12	12—10	14—4	10—8
Упорядочение орошения в условиях травопольной системы земледелия (планировка, карты, упорядочение техники полива)	—	—	—	22—20	19—17	19—17	27—25	25—32	22—20	25—20	20—15	16—12

Материалы этих исследований помогли раскрыть физическую картину свободной фильтрации и послужили основой для дальнейшего развития методики изучения фильтрационных потерь из каналов оросительной сети и их влияния на мелиоративное состояние орошаемых территорий.

Предложенный метод исследования фильтрационных потерь из каналов оросительных систем в наибольшей степени отвечает задаче выяснения влияния этих потерь на мелиоративное состояние территории, так как позволяет выявить ту часть общей величины потерь, которая ведет к отрицательным мелиоративным последствиям и, таким образом, наметить эффективные мероприятия по их ликвидации и предотвращению.

Опыты, проведенные в полевых условиях Голодной степи, позволили получить материалы, раскрывающие количественную роль слагаемых балансового уравнения и выявить при этом влияние фильтрационных потерь каналов крупной и мелкой сети на мелиоративное состояние территории.

Установлена значительная роль собственно эксплуатационных потерь (прорывы дамб, потери при водораспределении на плохо армиро-

ванных системах, перебор воды некоторыми водопользователями, увеличение фильтрационных потерь вследствие неудовлетворительного технического состояния канала и др.) в общей их величине. Данные табл. 12 убеждают в том, что роль эксплуатационных потерь может быть настолько высока, что зависимость $\eta_c = f(\Omega_c)$ оказывается нарушенной. Суммарная величина эксплуатационных потерь на неинженерных и полуинженерных оросительных системах составляет от 70 до 100% фильтрационных. Расшифровка природы потерь воды на оросительных системах способствовала правильной оценке эффективности мероприятий, направленных на их сокращение и повышение КПД как отдельных элементов, так и всей системы.

При количественном определении потерь в разных элементах системы принципиальное значение имело изучение потерь на поливных участках, выполненное в период 1950—1965 гг. Установлено, что фактические поливные нормы в условиях бороздкового полива составляют 1500—3000 м³/га, что в 2—4 раза превышает плановые. Это объясняется многими причинами, в частности плохой планировкой поверхности поливной карты, неправильным

выбором элементов техники полива и т. п.

Появилось понятие КПД полива $\eta_{\text{п}} = \left(\frac{m_{\text{пол}}}{m_{\text{факт}}} \right)$.

Уже принято при оценке КПД системы учитывать и значение КПД полива, проанализированы эффективные меры по его повышению.

Н. Т. Лактаев (САНИИРИ, 1976) в результате обобщения натуральных исследований определяет величину КПД техники полива в пределах 66—88% при оптимальных сочетаниях элементов техники полива для районов с разными уклонами поверхности и различной водопроницаемостью почв. Отклонения от выявленных оптимальных значений элементов техники полива ведут к значительному снижению КПД техники полива.

Эксплуатационные исследования в Хорезмской области (1960—1963 гг.) позволили детально определить потери в элементах оросительной системы, включая полвные участки. Полученные результаты (табл. 13) заслуживают серьезного внимания, так как позволяют выявить наиболее уязвимые в отношении потерь воды элементы систем. В связи с тем, что КПД системы и КПД отдельных ее элементов связаны зависимостью

$$\eta_{\text{с}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \dots$$

определяется комплексный подход к составу мероприятий по борьбе с потерями, т. е. пот-

ребность не в изолированных и частных мероприятиях, а в системе мер, обеспечивающих рост КПД всех звеньев системы.

Практика создания антифильтрационных одежд на каналах магистральной и распределительной сети убеждает в том, что этих мер для значительного влияния на КПД системы недостаточно, если техническое состояние внутрихозяйственных систем и водопользование будут оставаться на низком уровне.

Выяснено, каким образом на величину фильтрационных потерь из оросительных систем влияют водно-физические свойства грунтов, гидрогеологические, а также биологические факторы (особенности флоры, фауны и т. п.), расположение сети в плане (схема сети) и протяженность ее элементов, габариты поперечного сечения и наполнение канала, условия работы канала (постоянная работа — длительными тактами, периодическая работа — короткими тактами), состояние русла (размыв, заиление и колыматаж, стабильное состояние), продолжительность существования (возраст) системы, интенсивность искусственного дренирования и взаиморасположение оросительных и дренажных систем. Очевидно, что перечисленное представляет совокупность природных, технических и эксплуатационно-хозяйственных факторов, которые в каждом случае действуют в известной комбинации, обуславливая различную величину потерь воды.

Таблица 13

Результаты изучения технических параметров и фактических потерь воды в каналах внутрихозяйственной сети ирригационных систем Южного Хорезма (1960—1963 гг.)

Элемент эксплуатационной сети	Рабочий расход, м ³ /сек	Удельная протяженность, пог/м/га	Фактические потери воды, установленные полевыми исследованиями						Период работы, сут/к	Потерянный объем, м ³ /га
			на 1 км длины, %			на 1 км длины, м ³ /с				
			δ_{min}	δ_{max}	$\delta_{\text{сред.}}$	S_{min}	S_{max}	$S_{\text{сред.}}$		
Хозяйственный отвод (старший хозяйственный распределитель)	0,200—0,400	2,0—3,0	4,5—6,0	8,0—10,0	5,7—7,0	0,012	0,040	0,028	150	800—1000
Внутрихозяйственный распределитель младшего порядка	0,050—0,150	15—20	20—30	30—40	25—35	0,02	0,04	0,03	50	1300—3400
	0,100—0,200	8—10	10—15	15—20	12—17	0,01	0,02	0,015	100	700—2500
Временные оросители	0,03—0,08	50—100	8—10	10—20	9—15	0,003	0,016	0,10	30—40	1000—2500
Выводные борозды	0,015—0,03	100—150	3—5	5—10	5—7	0,0007	0,0021	0,0015	10—20	60—400
Полвные борозды (д/сек)	0,05—1,0	16700	1—2	2—4	2—3	0,005	0,04	0,02	1—2	6—110

¹ Можно выделить два типа таких каналов-отводов — крупные и мелкие, они определяют структуру сети отдельного хозяйства, забор воды в них осуществляется крупными, а также сравнительно мелкими каналами, что существенно влияет на распределение и общую величину потерь.

Оросительная норма брутто, отнесенная к водозаборному узлу, составила 15500 м³/га, к точкам выдела хозяйства — 11500—11000 м³/га, на поливные участки поступило 8500—7500 м³/га, потери на глубинную инфильтрацию во временной оросительной сети равнялись 2500—3000 м³/га.

Установленная связь между смоченными поверхностями каналов и уклонами поверхности орошаемой территории выявила обобщенные количественные характеристики влияния условий природной обстановки на величину фильтрационных потерь из каналов. Для разных геоморфологических районов получены следующие значения КПД отдельных элементов оросительных систем:

Элемент эксплуатационной сети	Верхняя и средняя часть конуса выноса	Зона выкливания	Аллювиальная равнина
Поливной участок (полив по бороздам)	0,80—0,75	0,70—0,75	0,60—0,75
Межквартальная сеть, включающая колхозный отвод	0,70—0,55	0,75—0,70	0,70—0,75
Межхозяйственная распределительная сеть	0,60—0,50	0,75—0,80	0,78—0,80
Магистральная сеть	0,50—0,60	0,70—0,85	0,75—0,88

За 1955—1974 гг. в районах нового (Голодная степь) и существующего орошения (Кашкардинская область и др.) созданы системы высокого технического уровня. Все элементы этих систем имеют антифильтрационные одежды, в полной мере армированы инженерными гидротехническими сооружениями.

Плановая схема межхозяйственной и особенно внутрихозяйственной сети наиболее рациональна и экономна. В новой зоне орошения Голодной степи удельная протяженность всей совокупности каналов магистральной и распределительной сети составляет всего 22—25 пог. м/га.

Эксплуатационная служба считает возможным создание системы с высокими значениями КПД. Так, по В. А. Духовному, завершение облицовки всех межхозяйственных каналов Южно-Голодноостепского канала (новая зона орошения Голодной степи, кроме магистрального канала и его центральной ветки) позволит поднять технический КПД межхозяйственных систем с 92,5 и 95,6%.

КПД внутрихозяйственной сети в совхозах новой зоны, по данным УОС Голодноостепстроя, составляет 0,86—0,925, что нельзя сравнить с характеристикой внутрихозяйственных систем старых районов орошения, где его значения, как отмечено, равны 0,55—0,75. Оценивая современный технический уровень систем новой зоны Голодной степи и перспективу его роста в связи с завершением работ по облицовке каналов, а также по внедрению автоматизации управления на межхозяйственной и внутрихозяй-

ственной сети, В. А. Духовный сделал вывод о возможности получения значений КПД всей системы в пределах 0,90—0,91.

Х. Ташев считал, что при хорошем качестве бетонных работ КПД межхозяйственной сети можно поднять до 0,95. Очень большие резервы сокращения потерь в каналах внутрихозяйственной сети и на полях связаны с совершенствованием техники полива и применением антифильтрационных мероприятий.

Таким образом, исследования, которые стали возможными благодаря последовательному созданию систем, имеющих высокий технический уровень как в новых, так и в старых районах орошения, позволяют считать, что КПД характеризуется высокими значениями и это сохраняет миллионы и миллиарды кубометров оросительной воды.

В 1955—1975 гг. потери воды из оросительных систем изучаются также в аспекте их влияния на мелiorативное состояние территории (как в отсутствие, так и при наличии искусственного дренажа). Под этим понимается участие фильтрационных вод каналов и поливных участков в питании грунтовых вод (и поднятии их уровня), связанного с этими явлениями процесса вторичного засоления, а в условиях орошаемой территории, имеющей искусственный дренаж,— влияние «фильтрационных бугров» на развитие уклонов в направлении к дренам и коллекторам, т. е. количественная оценка.

Большое практическое значение имеют исследования, проведенные в Голодной степи и других районах в период 1950—1970 гг. по выяснению конфигурации «пресных линз», созданных под крупными, постоянно действующими каналами (магистральные каналы), и возможности их использования в целях водоснабжения.

Математическое описание (С. Ф. Аверьянов, В. М. Шестаков) получили различные схемы взаимодействия каналов и дренажей, что позволяет обоснованно проектировать расположение этих элементов.

Совокупность выполненных исследований способствовала более правильному определению КПД систем и их элементов как в процессе проектирования, так и при планировании водопользования.

Наряду с исследованиями, проводимыми с целью определения количественных значений фильтрационных потерь из различных элементов сети, раскрытия их природы и выяснения влияния фильтрационных потерь на мелiorативное состояние орошаемых территорий в различных природных условиях, ВНИИГиМ, САНИИРИ и другие институты более 40 лет

ведут исследования мер борьбы с потерями воды на оросительных системах — различных антифильтрационных одежд, облицовок, экранов, специальных обработок грунта (механических, химических, биологических) по смоченному периметру каналов.

В 1929—1930 гг. П. Д. Глебов на основании опытов в Голодной степи дал анализ эффективности асфальтобетонных покрытий, примененных в качестве антифильтрационной одежды.

В период 1934—1935 гг. в САНИИРИ изучали различные антифильтрационные покрытия из местных материалов — кальцинированный лесс, глинобетонные одежды и др. В 1940—1941 гг. В. Н. Шарашкин и Г. И. Туркин на оросительных каналах Киргизии исследовали антифильтрационную эффективность отмостки из булыжного камня.

Лабораторные и полевые работы в Голодной степи (В. Н. Шарашкин и А. А. Рачинский) в 1941—1942 гг. позволили установить, что из общего количества воды, уходящей в картовой сети на фильтрацию, до 85—90% теряется из-за деятельности различных землероев, создающих развитую систему макропор, и только 10—15% — из-за фильтрационных свойств почвогрунтов с ненарушенным сложением.

Исходя из анализа периодически действующей сети, В. Н. Шарашкин предложил несколько простейших антифильтрационных мероприятий (рыхление, затирка и др.), способствующих ликвидации макропористости, возникающей в результате жизнедеятельности животных и растений.

В 1946—1950 гг. А. А. Рачинский, Г. Г. Подгорнов и А. Ф. Снякин (САНИИРИ) параллельно с изучением природы и баланса фильтрационных потерь провели обширные исследования по выявлению эффективности простейших антифильтрационных мероприятий.

В 1949—1950 гг. опытную проверку прошли такие антифильтрационные меры, как поверхностное и скрытое солонцевание грунта с помощью NaCl, нефтявание, цементация и последующее уплотнение грунта, кольматаж илесто-глинистыми фракциями, скрытые противофильтрационные экраны из местных суглинистых и глинистых грунтов (бенитоитовые глины).

В результате испытаний простейших антифильтрационных мер установлено их существенное влияние на сокращение скорости впитывания, а, следовательно, на уменьшение размеров фильтрационных потерь в сравнении с контрольным каналом, что подтверждается следующими данными:

Участковый распределитель, проложенный в среднеуглинистом грунте (состояние русла, тип обработки)

Средняя скорость впитывания в обработанном русле по отношению к скорости впитывания в русле без обработки V_0

Необработанное русло (контроль)	
Русло, очищенное от сорной растительности (слабое и сильное зарастание)	0,9—0,75
рыхление дна	0,85—0,70
рыхление всего смоченного периметра	0,7—0,6
рыхление с затиркой	0,3—0,4
рыхление с уплотнением	0,4—0,55
рыхление с измучиванием	0,35—0,45

Так называемые простейшие выдвинулись на первый план среди всех антифильтрационных мероприятий.

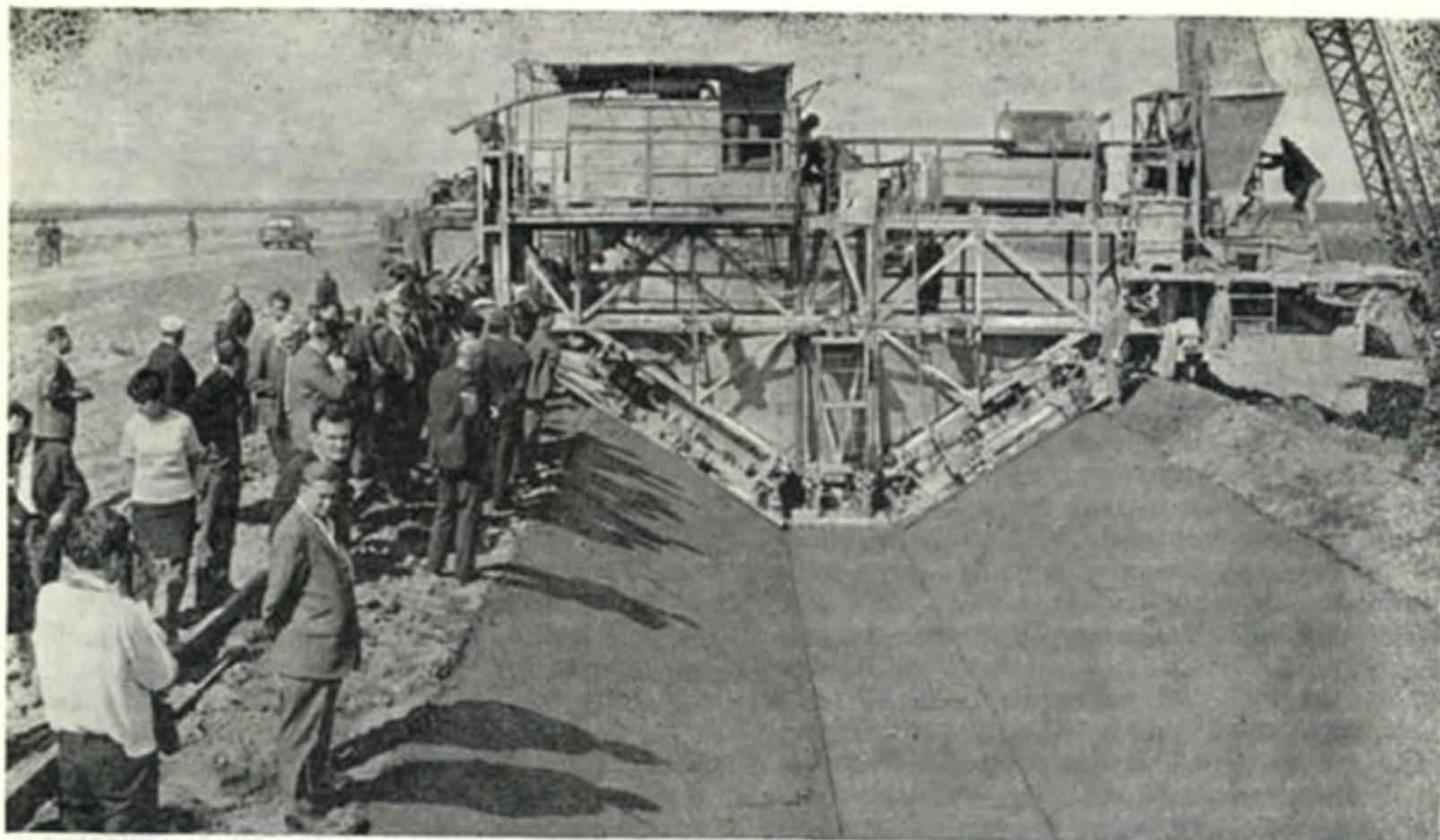
Антифильтрационный эффект простейших покрытий и обработок грунта по смоченному периметру канала высок. Процесс создания бетонных и железобетонных одежд получил эффективную технологию механизированного строительства.

Производственное применение простейших антифильтрационных мероприятий в целях сокращения потерь в каналах внутрихозяйственных систем до сих пор ограничено двумя обстоятельствами: отсутствием эффективной технологии механизированного выполнения этих мероприятий и тем, что внутрихозяйственные системы не получили необходимого переустройства, а эти каналы не имеют стандартов и геометрически выдержанных поперечных сечений.

Повышение КПД оросительных систем связано с последовательным развитием работ по созданию капитальных антифильтрационных одежд на магистральных и межхозяйственных распределительных каналах.

По материалам эксплуатационной службы М.МиВХ УзССР, общая протяженность каналов с бетонной облицовкой на оросительных системах республики достигла к 1977 г. 3800 км, в том числе за 1971—1975 гг. забетонировано около 2000 км. Протяженность бетонированных каналов достигла 20% всех межхозяйственных распределителей. Среди наиболее крупных каналов с бетонной одеждой можно назвать Джанабад (25 м³/с), Тамашин (23), Нурсук (19) в Ферганской области, Чуст (16), Каран (15) — в Андижанской, Куляруд (15) — в Бухарской и др. В результате сэкономлено около 1,25 млрд. м³ оросительной воды.

Большое распространение бетонные и железобетонные антифильтрационные одежды



Бетонирование канала.

получили на каналах Ферганской долины, Самаркандской и Кашкадарьинской областей и на каналах новых систем в Голодной степи, где проведена монолитная бетонная облицовка межхозяйственных и внутрихозяйственных распределительных каналов, сборная железобетонная облицовка с пленочным экраном малых и средних распределителей, распространены железобетонные лотки и трубопроводы, из которых собраны трассы внутрихозяйственных распределителей и оросителей.

В связи с широким применением бетонных и железобетонных облицовок техническое решение получило создание водонепроницаемых швов на основе использования битумных мастик, надежных оснований под опоры лотков и др. Возможность применения в качестве антифильтрационного покрытия полимерной пленки привела к новым конструктивным решениям: пленку стали использовать в комбинации с грунтовым экраном и сборными плитами. Такие конструктивные решения в широких масштабах осуществляются в Каршинской степи.

Натурные исследования и расчеты показывают, что в гидрогеологической обстановке Голодной степи потери на 1 км канала в земляном русле составляют на магистральном канале (ЮКГ) — 76 л/с, на центральной ветке—

55, на левой и правой ветке — 50—55, на межхозяйственных распределителях — 40, на внутрихозяйственных каналах — 30 л/с.

Потери в каналах с антифильтрационной железобетонной одеждой из плит с полиэтиленовым пленочным экраном (бетонопленочная облицовка) в районах Голодной степи оказались следующими:

Расход канала, м ³ /с	h	b	m	Потери на 1 км длины, л/сек
1	0,85	1,0	1,0	0,3
5	1,40	1,5	1,5	0,5
10	1,80	2,0	1,5	0,7
20	2,30	3,0	2,0	1,0
50	3,20	4,0	2,0	1,8
140	4,0	10,0	2,0	2,5—4,0

Создание антифильтрационных одежд названных типов на каналах Голодной степи полностью механизировано. Р. М. Горбачев, проводя обширные исследования противофильтрационных мероприятий на оросительных каналах Голодной степи (новая зона) и обобщив материалы службы эксплуатации Голодно-степестроя, дал оценку потерям воды из оросительной сети Голодной степи на фильтрацию и испарение (площадь орошения 285,4 тыс. га, перспективный нормальный расход 266 м³/с, табл. 14). Появились расчетные зависимости



Лотковый ороситель

для оценки фильтрационных потерь из облицовочных каналов, построенные по следующей расчетной схеме.

Если известна толщина облицовки дна канала σ_1 , откосов σ_2 , то фильтрационный расход через облицовку q_ϕ можно определить по формуле (при условии, что грунтовые воды ниже дна канала)

$$q_\phi = 11,6 K_\phi \left[\left(\frac{h + \sigma_1}{\sigma_1} \right) b + h \frac{h + 2\sigma_2}{\sigma_2} \sqrt{1 + m^2} \right],$$

- где q_ϕ — фильтрационный расход, л/сек на 1 км,
 K_ϕ — коэффициент фильтрации экрана,
 h — глубина наполнения канала, м,
 b — ширина канала по дну, м,
 m — коэффициент заложения откоса,
 σ_1, σ_2 — толщина экрана на дне канала и на откосе, м.

Таблица 14

Прогнозная оценка величин суммарных фильтрационных потерь в каналах Голодностепской оросительной системы (ГОС)

Оросительная сеть	Протяженность, км	Удельные фильтрационные потери, л/сек/км, в период		Суммарные фильтрационные потери, м³/сек, в период		Потери на испарение, м³/сек
		переходный	перспективный	переходный	перспективный	
Южный Голодностепский канал	127,35	55,5	55,5	7,07	7,07	0,60
Центральная ветка	20,0	37,5	37,5	0,75	0,75	0,07
Правый отвод	40,0	13,0	13,0	0,52	0,52	0,08
Левый отвод	49,4	14,0	14,0	0,69	0,69	0,11
Межхозяйственные каналы	194,5	9,5	9,5	1,85	1,85	0,21
Внутрихозяйственные каналы	635,0	6,4	6,4	4,06	4,06	0,42
Каналы-лотки из ЛР-60	1810	0,47	0,15	0,85	0,27	0,20
ЛР-80	1790	0,70	0,20	1,25	0,36	0,22
ЛР-100	607,3	2,20	0,30	1,34	0,18	0,11
Асбестоцементные трубопроводы	1277	1,0	0,47	1,28	0,60	—
Итого	6745,55	—	—	19,66	16,35	2,02

Потери из лотковых распределителей, собранных из раструбных лотков марок Лр-60, Лр-80, Лр-100 с заделкой стыков поронзоловой прокладкой, составляют от 0,64 до 2,50 л/с на 1 км. Эти потери складываются из утечки через стыки и трещины и испарение со свободной поверхности.

В Ферганской области значительное распространение получили облицовки из бутобетонной смеси; толщина таких облицовок 15—20 см. Расход бетона из 1 м³ кладки составляет 0,4—0,6 м³. Этот тип антифильтрационной одежды сокращает потери на 60—70%.

Вновь проявляется интерес к использованию в качестве антифильтрационных одежд и мероприятий асфальтобетона, грунтовых смесей, содержащих добавки полимерных смол и цемента, к уплотнению грунта по смоченному периметру, искусственному кольматажу грунтов в русле канала. Искусственный кольматаж русел каналов с использованием средств гидромеханизации для создания пульпы с определенным содержанием илесто-глинистых частиц оказался особенно перспективным для трасс крупных каналов, русла которых проложены в песчаных грунтах (Ульяновская ветка КМК, Аму-Бухарский канал и др.).

Выяснение эффективности различных противофильтрационных мероприятий показало, что их экономическая целесообразность определяется сроком окупаемости и затратами на единицу сэкономленной воды. Р. М. Горбачев считает, что на каналах с глубиной наполнения более 2,5—3,0 м наиболее эффективны пленочные экраны с защитным слоем из местных грунтов, глинистые и суммарные экраны, на средних и малых каналах — монолитная

железобетонная и бетонно-пленочная облицовки, на каналах с расходами менее 1,0—1,5 м³/с целесообразно применять каналы-лотки и трубопроводы.

Рекомендуются следующие оптимальные технико-экономические и эксплуатационные показатели для современных крупных оросительных систем:

а) самотечные оросительные системы: срок службы противотрационных мероприятий — 20—35 лет, срок окупаемости — 3—5 лет, КПД распределительной сети — 0,85—0,92;

б) оросительные системы с механической подачей воды: срок окупаемости противотрационных мероприятий — 1—5 лет, КПД распределительной сети — 0,92—0,96.

Для резкого сокращения эксплуатационных потерь можно использовать каскадное регулирование, управление ирригационными системами на принципах АСУ с армированием систем необходимыми перегораживающими и водораспределительными сооружениями с затворами автоматического действия.

Для всемерного сокращения потерь на глубинную инфильтрацию и на сбросы при поливе следует прежде всего строго руководствоваться выбором элементов техники полива, которые должны соответствовать водопроницаемости почвогрунтов и уклону поверхности поливного участка. В этом направлении проделана значительная работа в отделах орошения САНИИРИ и СоюзНИХИ, Средазгипроводхлопка, где в результате многолетних исследований даны научно обоснованные рекомендации по районированию элементов техники полива в зависимости от уклонов поверхности и водопроницаемости почвогрунтов (Н. Т. Лактаев, Г. Н. Павлов, М. П. Меднис и др.).

Необходимо внимательно следить за состоянием поверхности поливных участков, выполняя капитальные планировки и подправляя поверхность участков профилактическими планировками.

Многократно подтверждено положение о том, что неудовлетворительное состояние поверхности поливных участков ведет к значительным увеличениям потерь воды при поливах.

В районах, подверженных засолению и имеющих дренажную сеть, оросительные нормы содержат определенный объем планируе-

мой для замещения грунтовой воды, вытесненной в дрены, однако этот объем должен лимитироваться необходимым рассолительным эффектом.

Всестороннее изучение размеров и природы потерь воды во всех элементах оросительных систем, проведенное за годы Советской власти в Узбекистане, и обширные исследования эффективности различных мероприятий, направленных на их всемерное сокращение, позволяют вести планомерную борьбу за сокращение потерь воды и повышение КПД оросительных систем. Всемерное сокращение потерь должно стать основой производственной деятельности эксплуатационной службы и выражаться в осуществлении системы мероприятий конструктивного и эксплуатационного характера.

До сих пор исследователи главное внимание сосредотачивали на поиске новых антифильтрационных мероприятий и установлении их эффекта. Вопросы механизированной технологии, разработки высокопроизводительной аппаратуры для многих предлагаемых мероприятий полностью не решены. Большой ассортимент простейших антифильтрационных мероприятий не получил производственного применения именно по этой причине.

Опыт применения антифильтрационных устройств на ряде систем в районах орошения сводится пока к облицовке магистральных и межхозяйственных распределительных каналов, в то время как меньшие элементы системы сохраняют низкий технический уровень и теряют значительное количество воды, поэтому общий эффект по сокращению потерь на системе оказывается резко сниженным.

По материалам службы эксплуатации всех элементов оросительной системы можно рекомендовать вместо изолированного и частного применения антифильтрационных мероприятий на отдельных каналах систему мероприятий по сокращению всех видов потерь в каналах и на полях, используя капитальные (для магистралей и межхозяйственных распределителей) и простейшие (для внутрихозяйственной сети) антифильтрационные мероприятия в сочетании с организационно-техническими и эксплуатационными, обеспечивающими максимальное сокращение эксплуатационно-технических потерь в каналах и на поливных участках.

Полученные в наследство от прошлого оросительные системы Средней Азии представляли собой сеть многочисленных мелких, извилистых в плане арыков, не армированных гидротехническими регулирующими сооружениями.

Уже в первые годы Советской власти с переходом на тракторную обработку полей появилась необходимость объединения мелких поливных делянок в более крупные. Процесс укрупнения карт был весьма трудоемким, требовал выполнения большого объема планировочных работ и переустройства внутрихозяйственной оросительной и дорожной сети — заравнивались арыки, нештучные дороги, производилась пересадка деревьев.

Укрупнение поливных участков, переустройство и усовершенствование оросительной сети коренным образом изменили организацию территории колхозов.

Проекты переустройства старой оросительной сети и орошения новых земель должны были отвечать требованиям организации труда в обобществленном сельскохозяйственном производстве. Однако при ограниченном в то время количестве механизмов каналы приходилось строить по извилистым трассам вдоль горизонталей. Проектные сечения назначались по возможности в полувыемке-полунасыпи. Главным критерием оценки проекта канала был экономически приемлемый объем земляных работ, которые выполнялись в основном вручную.

Примером первых проектов инженерной сети в земляных руслах может служить проект совхозов «Аккурган» № 1 и «Аккурган» № 2 в Ташкентской области. Каналы имеют прямолинейные очертания, хорошо развита дорожная сеть, система оснащена гидротехническими сооружениями. В 30-х годах подобные оросительные системы были созданы уже во многих совхозах республики. Последнее звено таких систем — картовые оросители.

Из-за низкой механизации земляных работ планировочные работы велись в минимальных объемах, поэтому для обеспечения командования расстояния между картовыми оросителями принимались не более 100 м, что снижало эффективность использования сельскохозяйственных машин.

Увеличение расстояния между оросителями потребовало бы выполнения большого объема планировочных работ. Возможность строительства инженерных оросительных систем с оптимальными размерами поливных карт появилась лишь в послевоенный период, когда широко начала применяться землеройная техника.

Планировка полей в широких масштабах позволила увеличить карты до размеров оптимального поливного участка 8—20 га с расстоянием между ними 300—400 м.

Сокращение удельной протяженности внутрихозяйственной сети и укрупнение поливных участков способствовали повышению КЗИ, более эффективному использованию техники на всех сельскохозяйственных работах и вытеснению ручного труда.

Весь комплекс работ по первичному переустройству оросительных систем, укрупнению поливных участков, спрямлению трасс каналов и распределителей, созданию условий для механизации разработан узбекскими ирригаторами (Н. А. Янишевский, А. Н. Ляпин и др.), он получил широкое распространение как «новая система орошения».

Вопросы проектирования оросительной сети на современном этапе многогранны и разнообразны. Остановимся на нескольких наиболее важных положениях, характеризующих технический прогресс в области проектирования и строительства каналов оросительных систем.

Современная инженерная оросительная система включает в себя магистральный канал с распределительными и регулирующими ка-

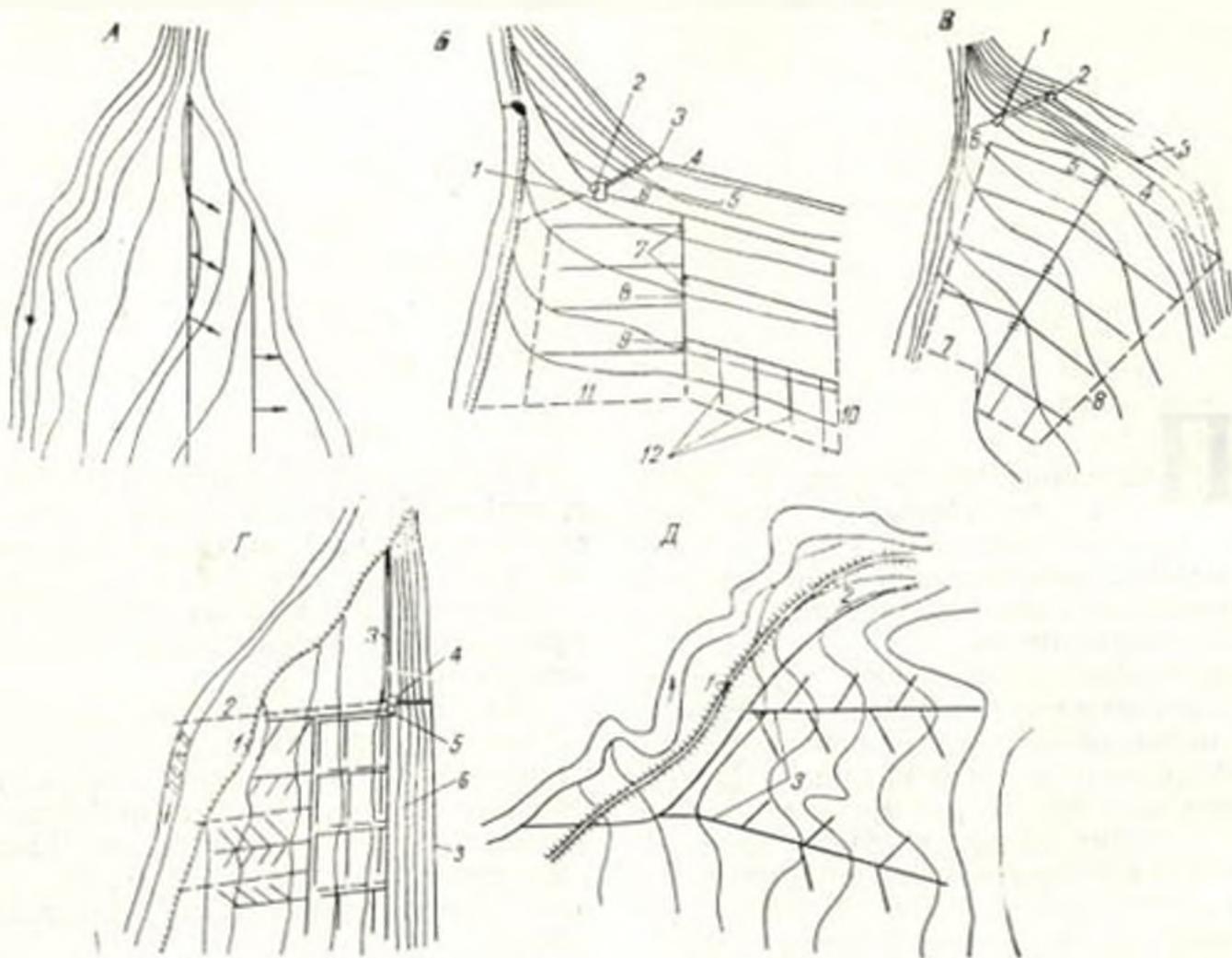


Рис. 15. Варианты схем оросительной сети в различных рельефных условиях:

А — горный, уклоны 0,01 и более, горизонтали направлены под острым углом к источнику орошения, грунтовые воды залегают на большой глубине, галечники и каменные грунты приближены к поверхности земли;
Б — предгорный, уклоны в пределах 0,01+0,005, более крутые у выхода из ущелья, постепенно выполняются вниз по течению, горизонтали направлены почти перпендикулярно к источнику орошения, грунтовые воды обычно на значительной глубине, слой мелкозема небольшой мощности подстигается галечниками, рельеф обычно в местах выхода рек из горных ущелий и на конусах выноса: 1 — узел сооружений, 2 — насосная станция, 3 — напорный бассейн, 4 — машинный канал, 5 — зона машинного орошения, 6 — магистральный канал, 7 — перепад, 8 — межхозяйственный распределитель, 9 — перепад, 10 — водосбор, 11 — сброс, 12 — межхозяйственный распределитель второго порядка;
В — долиновый: 1 — узел сооружений, 2 — напорный бассейн, 3 — машинный канал, 4 — межхозяйственный распределитель, 5 — магистральный канал, 6 — ГЭС и сброс, 7 — сброс, 8 — водосбор;
Г — равнинный: 1 — пойма; 2 — сброс, 3 — машинный канал, 4 — насосная станция и ГЭС, 5 — узел сооружений, 6 — зона машинного орошения;
Д — дельтовый: 1 — дамба обвалования, 2 — магистральный канал, 3 — межхозяйственные распределители.

налами. Транспортирование воды от источника орошения до поливного участка выполняет магистральный канал и проводящая сеть, состоящая из постоянных распределительных каналов. Внутри поливных участков нарезается система временных мелких и мельчайших каналов (рис. 15).

При обозначении каналов оросительной сети выделяются межхозяйственная сеть и внутрихозяйственные оросительные каналы. Проводящая сеть работает в течение оросительного периода непрерывно, регулирующая сеть — короткими тактами (рис. 15).

Оросительная сеть рассчитывается для круглосуточного полива. Размер водопотребления принимается исходя из состава сельскохозяйственных культур и режима орошения в зависимости от климатических, почвенных и

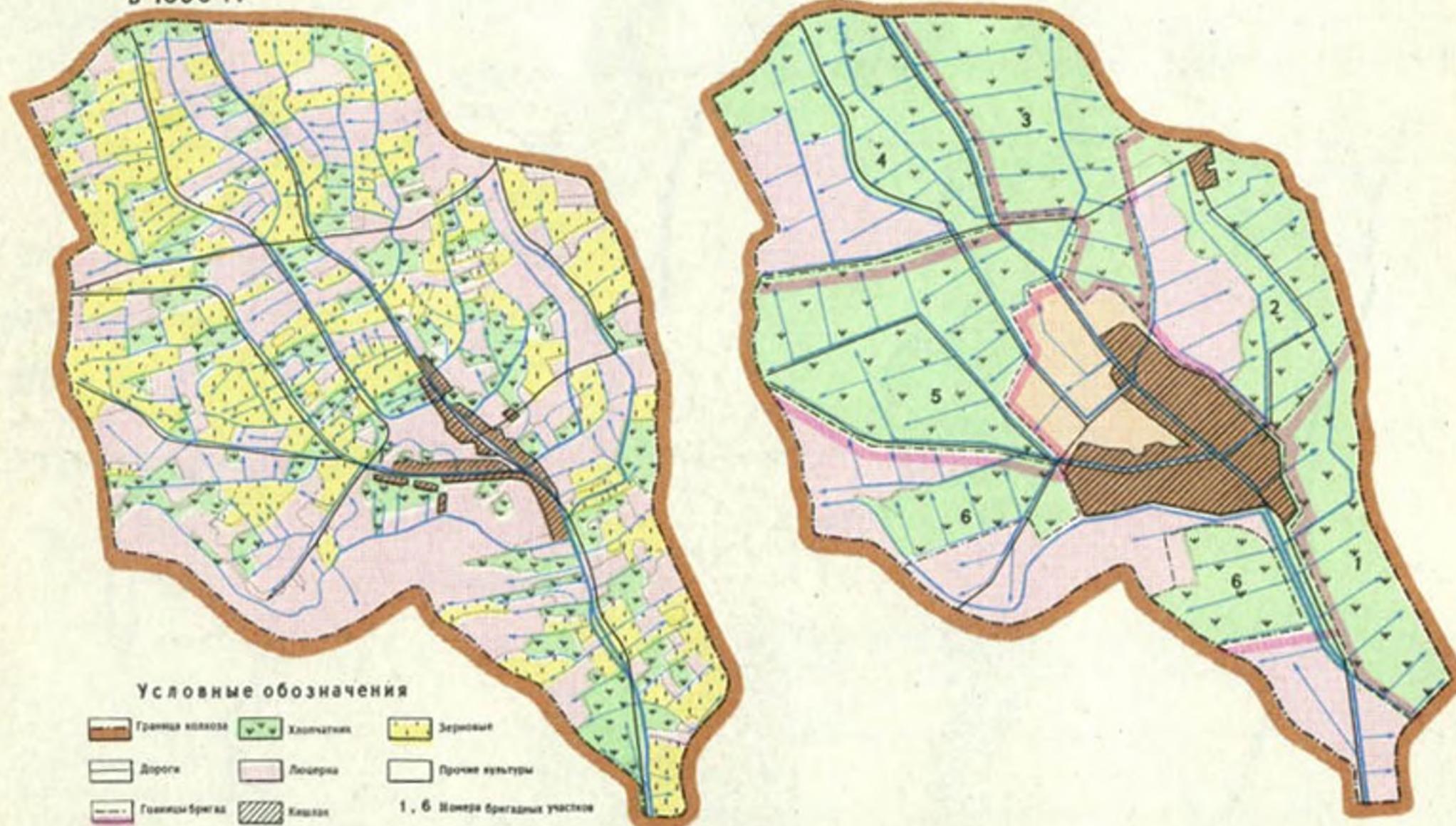
гидрогеологических условий, способов и техники полива.

Расчетные расходы каналов, обслуживающих одно или несколько хозяйств, определяются в зависимости от величины гидромодуля площади нетто, орошаемой из канала, и КПД системы канала. Расчетные расходы распределителей внутри севооборотного участка устанавливаются на основе принятой схемы водораспределения и размещения бригад на полях севооборотных участков. Расчетные расходы воды участков распределителей зависят от принятого водооборота при условии, что они обеспечивают водой необходимую площадь суточного полива.

Конструкция современной инженерной сети определяется технико-экономическими расчетами с учетом природных, хозяйственных фак-

При единоличных хозяйствах
в 1896 г.

После переустройства
в 1939 г.

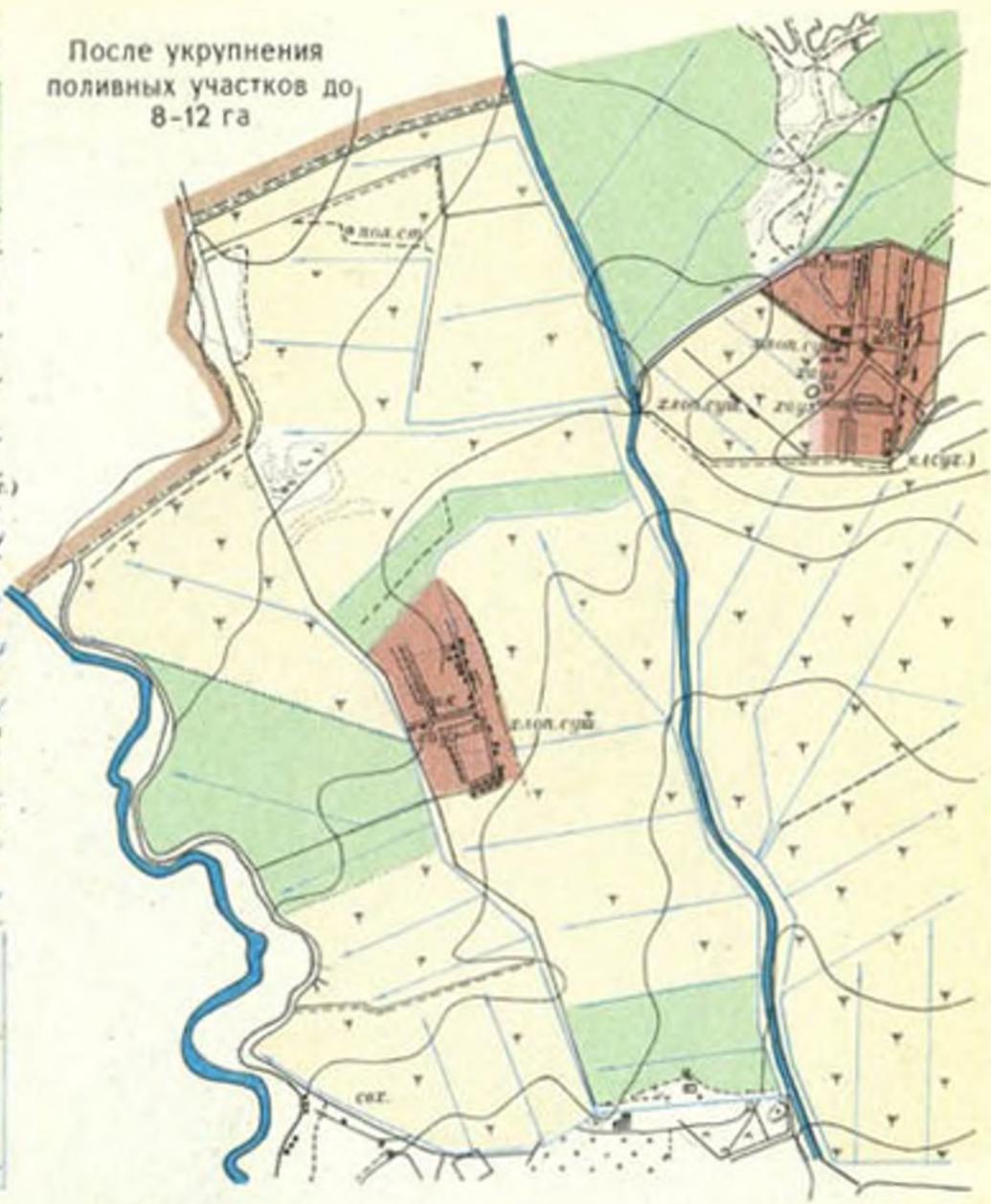


Вид территории колхоза Ленинского района
Ферганской обл. УзССР (общая площадь 424,25 га)

По проектам 30-х годов
при расстоянии между
картовыми оросителями
80-120 м



После укрупнения
поливных участков до
8-12 га

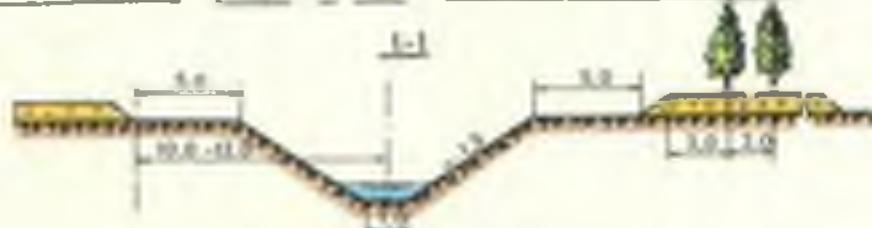


Плановое расположение оросительной сети в одном из совхозов Ташкентской области

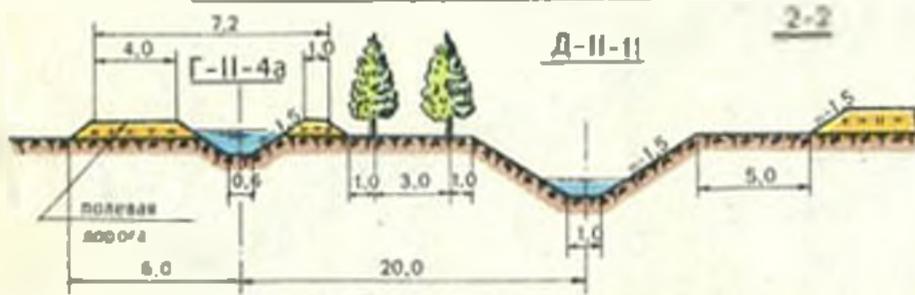
Схема размещения элементов оросительной системы с открытыми каналами

Типовые поперечные сечения

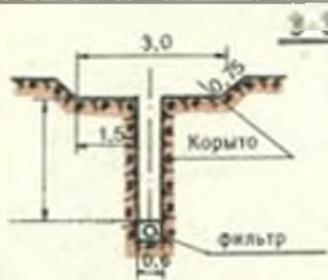
Поперечное сечение дрены Д-II-10 Отвал грунта в обе стороны



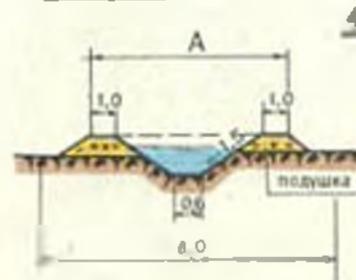
Поперечное сечение оросителя и дрены



Поперечное сечение дрены УД-14



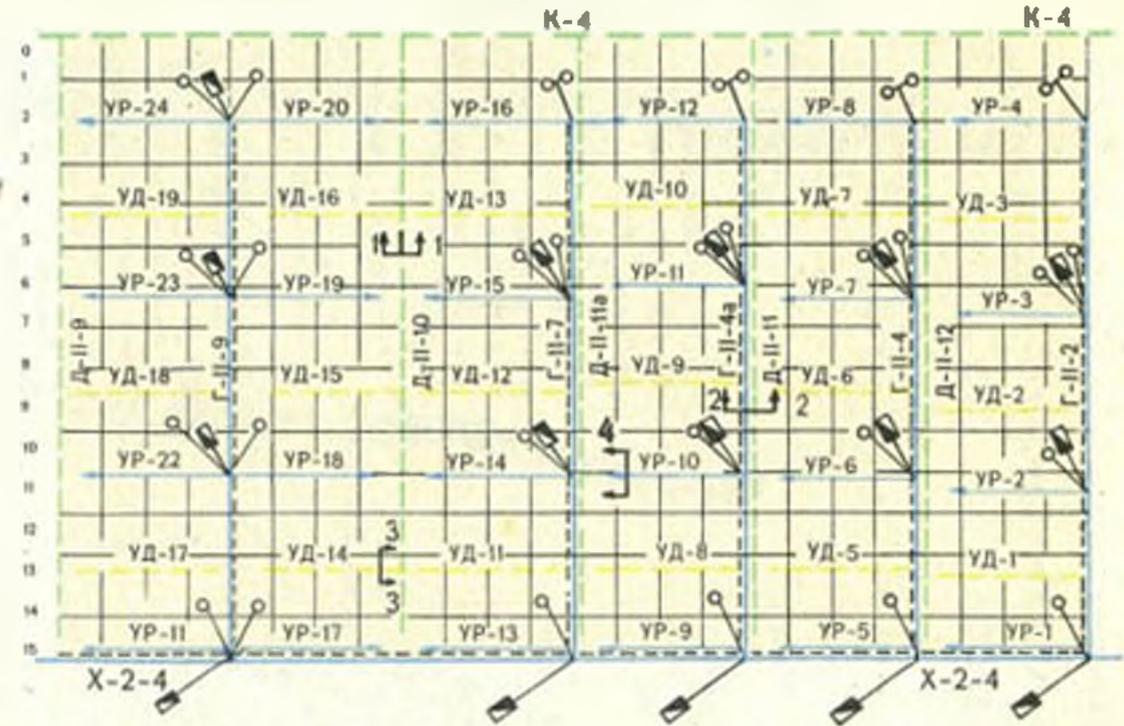
Поперечное сечение УР-10



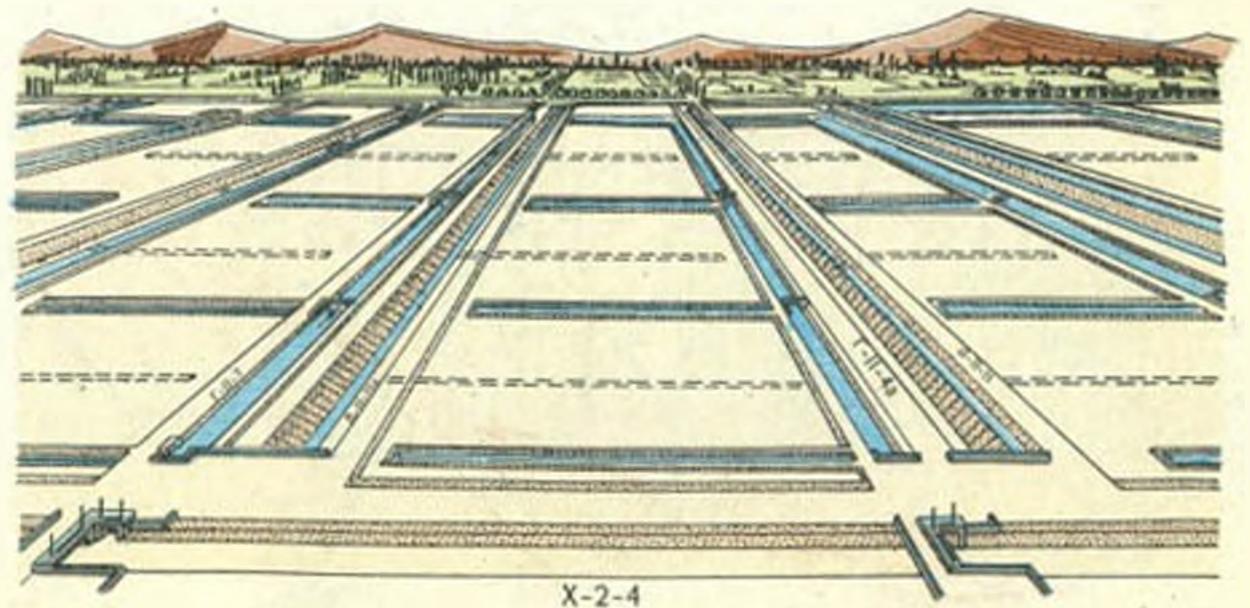
Условные обозначения

- Х-2-4 Хозяйственный распределитель
- Г-II-4 Групповая ороситель
- УР-10 Участковый распределитель
- К-4 Коллектор
- Д-II-10 Групповая дрена
- УД-5 Участковая дрена
- Полевая дорога
- /○ Проектируемые сооружения Водовыпуски
- /○ Проектируемые сооружения Перегораживающее сооружение
- Труба на орошении под полевой дорогой

План сети



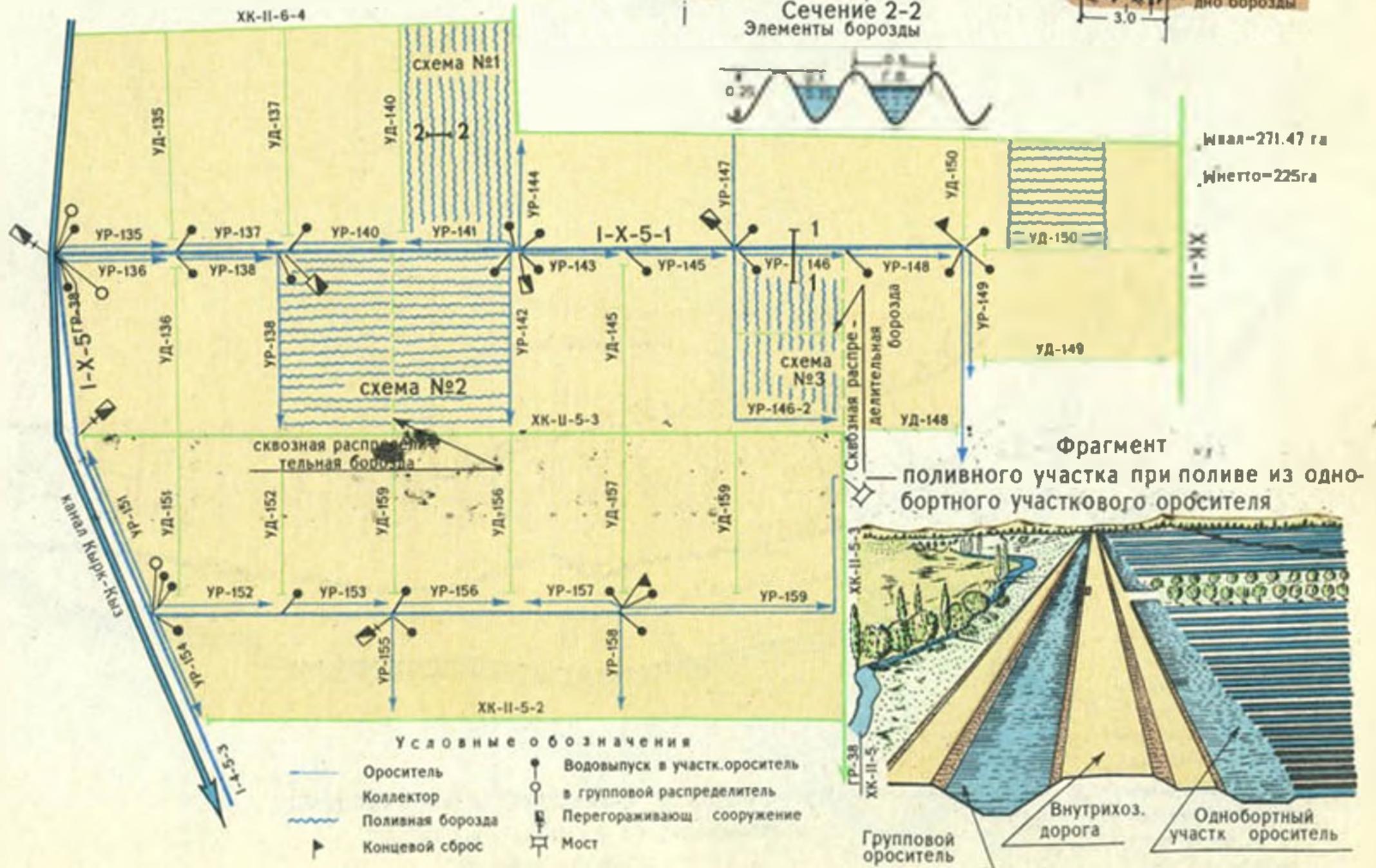
Общий вид инженерной оросительной системы



Генплан организации территории хлопководческого совхоза в ККАССР



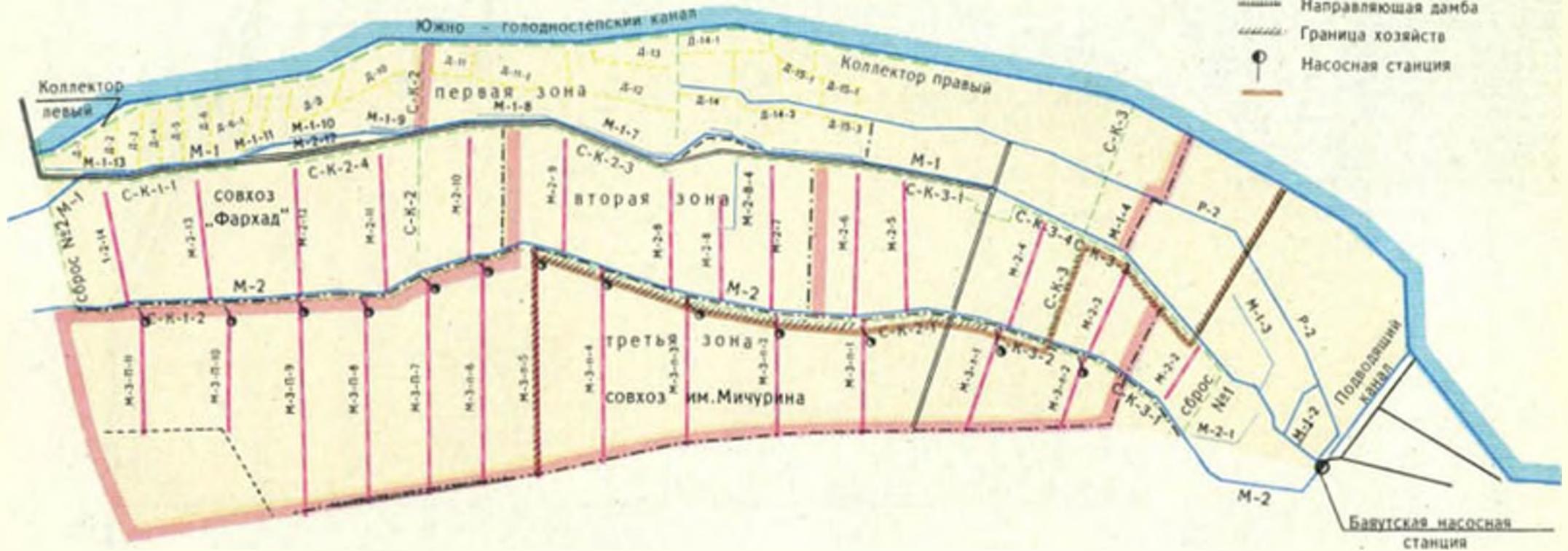
Оросительная система с открытыми каналами в земляных руслах с применением автоматизации поливов по бороздам.



ПЛАН

оросительной системы с распределительными трубопроводами на Фархадском массиве в Голодной степи

- Условные обозначения
- М-2 Машинный канал
 - М-2-1 Открытый распределитель
 - М-2-2 Трубчатый распределитель
 - С-К-2-3 Коллектор
 - З-В Заврытая дрена
 - Граница отделений
 - Направляющая дамба
 - Граница хозяйства
 - Насосная станция



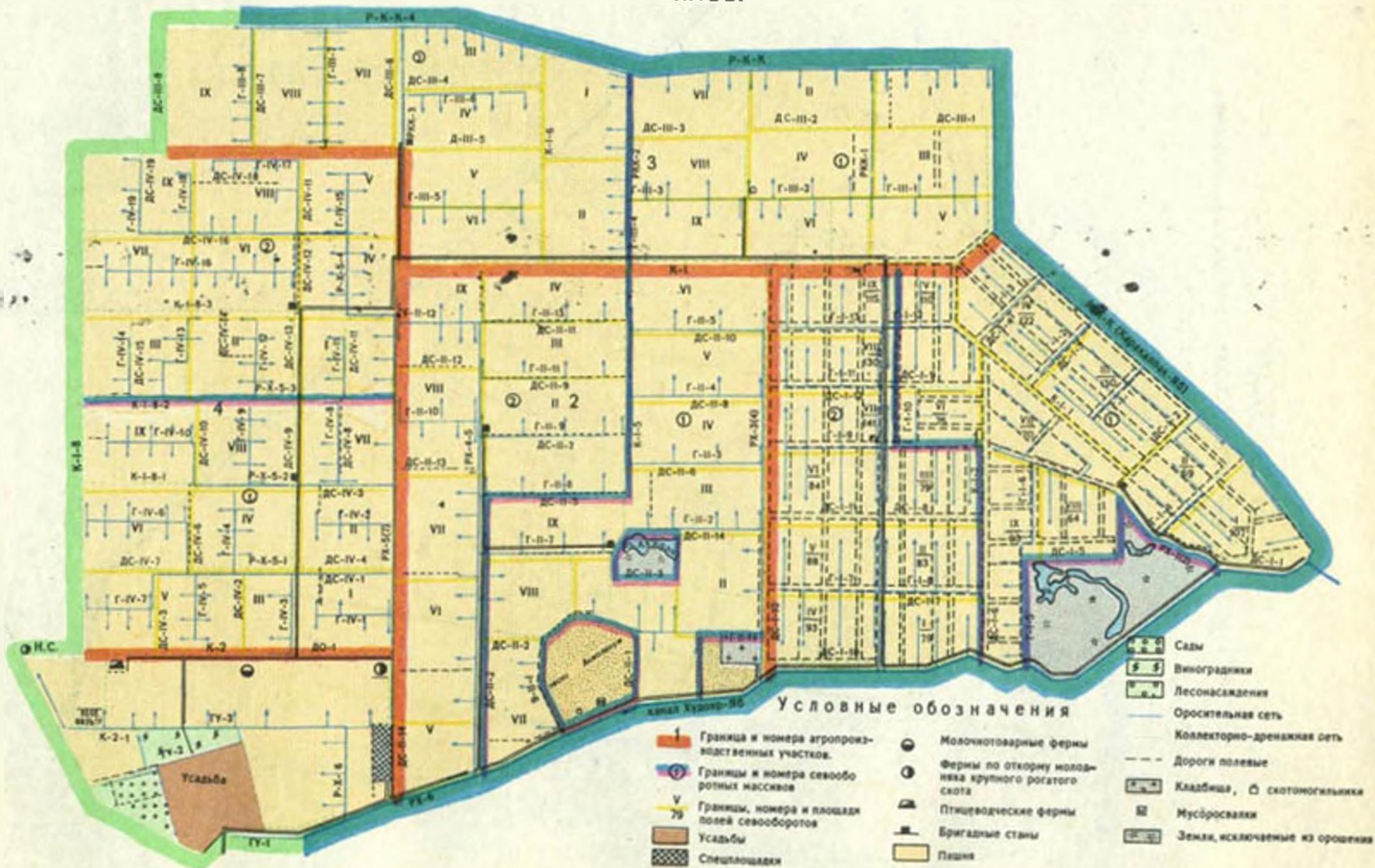
ПЛАН

организации территории хлопководческого совхоза в Голодной степи УзССР



- Условные обозначения**
- Границы и номера агропроизводственных участков
 - Границы и номера севооборотных массивов
 - Границы, площади и номера полей севооборотов
 - Центральная усадьба
 - Полевые станы и их номера
 - Паша
 - Сады
 - Виноградники
 - Тутовники
 - Роши
 - Кипяки: 1 в коллекторном обводнении, 2 в орошении
 - Коллекторы: 1 в орошении, 2 в орошении
 - Дороги: 1 в орошении, 2 в орошении
 - Молочноматеринские фермы
 - Фермы по откорму и дойке скота
 - Молочные фермы крупного рогатого скота
 - Земледельческие поля орошения

Генплан организации территории рисоводческого совхоза в ККАССР



торов: сельскохозяйственной специализации, геологическими, гидрогеологическими, почвенно-мелиоративными условиями, рельефом местности, механизацией и автоматизацией водоподдачи, водораспределения и полива, наличием производственных баз водохозяйственно-строительства (заводы по изготовлению труб, лотков, блоков гидросооружений) и т. д.

При избыточных водах или необходимости борьбы с засолением проект предусматривает водосборно-сбросную и коллекторно-дренажную сеть.

Современная инженерная оросительная система должна обеспечивать высокие урожаи сельскохозяйственных культур при наименьших затратах труда и мелиоративное благополучие земель.

В старой зоне орошения при переустройстве сети и новом освоении земель строятся преимущественно инженерные оросительные системы с открытыми каналами в земляных руслах и с противоточными одеждами, в основном с бетонной или железобетонной облицовкой. Другие виды облицовки (асфальтобитумная, пластмассовая пленки) не получили широкого применения.

Распределительная сеть, дрены и дороги проектируются с планировкой земель.

Границами поливных участков служат каналы постоянной оросительной и дренажной сети. Площадь участка принимается 8—20 га нетто; он, как правило, прямоугольной формы, минимальная длина его в проектах оросительных систем с открытыми каналами — 400 м, ширина — 200 м. Предпочтительна оросительная сеть с двусторонним командованием, при которой дрены размещаются посередине между участковыми оросителями. В условиях сложного рельефа, где двустороннее командование затруднительно, проектируется одностороннее командование.

Размеры поперечного сечения каналов выбираются по расчету. Ширина дамб каналов поперху принимается по нормативам от 0,5 до 3,0 м в зависимости от расхода и габаритов канала, а также требований производства строительных работ и условий эксплуатации канала и сооружений.

Открытые каналы внутрихозяйственной сети строятся по методу подготовки «подушки». «Подушка», совмещенная для группового или участкового распределителя и дороги, отсыпается до проектной отметки верха дамб. Сечение участкового распределителя вырезается в нее канавокопателем, группового — экскаватором. Одновременно с отсыпкой «подушки» производится планировка полосы под лесопосадки между распределителями и дренажной.

При строительстве крупных оросительных систем для освоения больших целинных массивов желательнее, чтобы каждое хозяйство (совхоз, колхоз) получало воду по одному или двум хозяйственным распределителям. Хлопководческий совхоз состоит из отделений или агропроизводственных участков. Каждое отделение, компактное по площади, должно иметь самостоятельное питание водой от совхозного распределителя. В каждом отделении в зависимости от конкретных природных и хозяйственных условий устанавливаются севообороты, которые должны быть увязаны с расположением бригадных участков, являющихся производственно-территориальными единицами совхоза. Бригадный участок должен иметь по возможности самостоятельное питание водой. Внутрихозяйственная оросительная и коллекторно-дренажная сеть, увязанная с дорожной сетью и другими линейными коммуникациями, служит границей отделений, бригадных участков, севооборотных массивов и полей севооборота.

Намечаемые конструкция, конфигурация и компоновка элементов оросительной сети, особенно ее последних и предпоследних звеньев, должны отвечать требованиям техники и способов полива.

В хозяйствах на участках с уклоном 0,001 и более вода распределяется по бороздам из оросителя с расходом 250 л/сек, расположенного по короткой стороне поливного участка. В голове оросителя устанавливается автомат для поддержания в канале постоянных расходов.

Участки с уклоном, не превышающим 0,0001, планируются под горизонтальную плоскость. Вода из группового распределителя при помощи водовыпуска с затвором-автоматом подается в участковый ороситель, расположенный по длинной стороне поливного участка. Со стороны поля по короткой стороне участка (200—250 м) к оросителю подходят борозды, в которые вода поступает по мере подъема горизонтов в оросителе. При достижении максимального уровня в борозде и соответственно в оросителе затвор автоматически закрывается и вновь приоткрывается при снижении горизонта воды в борозде при ввинчивании. Для более равномерного распределения воды по поливному участку в середине его устраивается распределительная бороздка. Иногда участковые оросители с одной дамбой располагаются по коротким противоположным сторонам участка.

В Узбекистане широкое распространение получила лотковая и закрытая трубчатая сеть. В Голодной степи созданы предприятия по из-

готовлению каналов-лотков, что имеет большое значение для индустриализации строительства оросительных систем. Это позволяет применять рациональные схемы распределительной сети с высокими КЗИ и высокопроизводительную технику полива.

С целью сокращения поперечного сечения лотков и создания двухстороннего командования они прокладываются по уклону. Расстояние между лотками определяется размерами поливного участка, которые назначаются исходя из условия обеспечения высокой производительности труда при поливах и межполивных обработках. Внутри поливного участка не должно быть препятствий движению сельскохозяйственных машин, все инженерные коммуникации проектируются по границам.

Расположение внутрихозяйственной оросительной сети увязывается с размещением севооборотных участков, площадь которых в хлопкосеющих хозяйствах составляет 500—1000 га. Участковый распределитель — последнее звено постоянно действующей сети: из него вода поступает в переносные трубопроводы или дождевальные установки.

Скорость движения воды в каналах-лотках может достигать 5 м/с, превышение ее горизонта над поверхностью до 2,5 м. Наиболее целесообразно использовать такие лотки при уклонах местности 0,0009—0,002; при 0,0015—0,003 сооружаются комбинированные системы (каналы-лотки, переходящие в закрытые трубопроводы). При строительстве каналов-лотков применяются свайные или стоечные опоры с фундаментами стаканного типа.

Наиболее прогрессивная конструкция оросителей, отвечающая современным требованиям, — закрытая трубчатая сеть. Строительство трубчатой оросительной сети повышает КЗИ и КПД оросительных систем, приводит к увеличению производительности труда на поливных землях, а также создает наилучшие условия для автоматизации и телеуправления процессов полива.

Трубопроводы могут быть самонапорными, когда оросительная вода подается путем использования естественного напора, создаваемого уклоном местности, и напорными, когда подача воды осуществляется с помощью насосных станций.

Расположение трубчатой сети зависит от техники полива.

Участковые трубопроводы проектируются прямолинейными, параллельными друг другу и отходят от распределителя старшего порядка под прямым углом. Расстояние между трубопроводами в построенных закрытых оросительных системах составляет 400—1000 м.

Диаметр трубопровода выбирается по расчету. КПД трубопроводов практически равен 0,98—0,99. Скорость движения воды в трубопроводах должна обеспечить промывку их от наносов.

Наиболее широкое распространение лотковая и трубчатая закрытая сеть получили в новой зоне Голодной степи. Трубы применяются в основном асбестоцементные марок ВТ-3, ВТ-6, ВТ-9 и ВТ-12 в зависимости от напоров. Лотки используются параболические, изготавливаются они на заводах железобетонных изделий.

В целинной зоне Голодной степи созданы наилучшие условия для производственной деятельности хозяйств при наименьших капитальных затратах: центральное положение усадеб, прямоугольные формы полей, высокопроизводительная техника полива, оптимальные условия для работы сельскохозяйственных машин, наименьшая протяженность распределительной и дорожной сети и самостоятельные водовыделы для каждой бригады.

При устройстве сети в закрытых напорных трубопроводах или лотках на опорах с горизонтом воды в среднем на 1,2 м выше поверхности можно от участкового распределителя (при двухстороннем командовании) поливать полосу шириной 800—1000 м, укладывая поливные трубопроводы вдоль горизонталей. Это дает возможность первые поливы проводить по коротким бороздам, а последующие по длинным, не создавая препятствий для работы сельскохозяйственных машин. При этих условиях для спокойного рельефа местности расстояние между участковыми распределителями (они же бригадные) принимается 800—1000 м. Пропускная способность лоткового или трубчатого распределителя устанавливается с учетом условий проведения поливов круглосуточно без сброса.

Примером оросительной системы с закрытыми трубопроводами может служить Фархадский массив, где организованы хлопководческий совхоз «Фархад» площадью 7700 га и садово-виноградский им. Мичурина площадью 3056 га. Территория разделена на три зоны двумя машинными каналами М-1 и М-2, проходящими вдоль горизонталей. Вода подается Баяутской насосной станцией, первая зона орошается из М-1, вторая и третья — из М-2. М-2 пропускной способностью 12,5 м³/сек выполнен с облицовкой из монолитного бетона и из сборных железобетонных плит, его КПД равен 0,94.

Большие уклоны местности позволили запроектировать для орошения земель второй зоны самонапорные распределительные трубо-

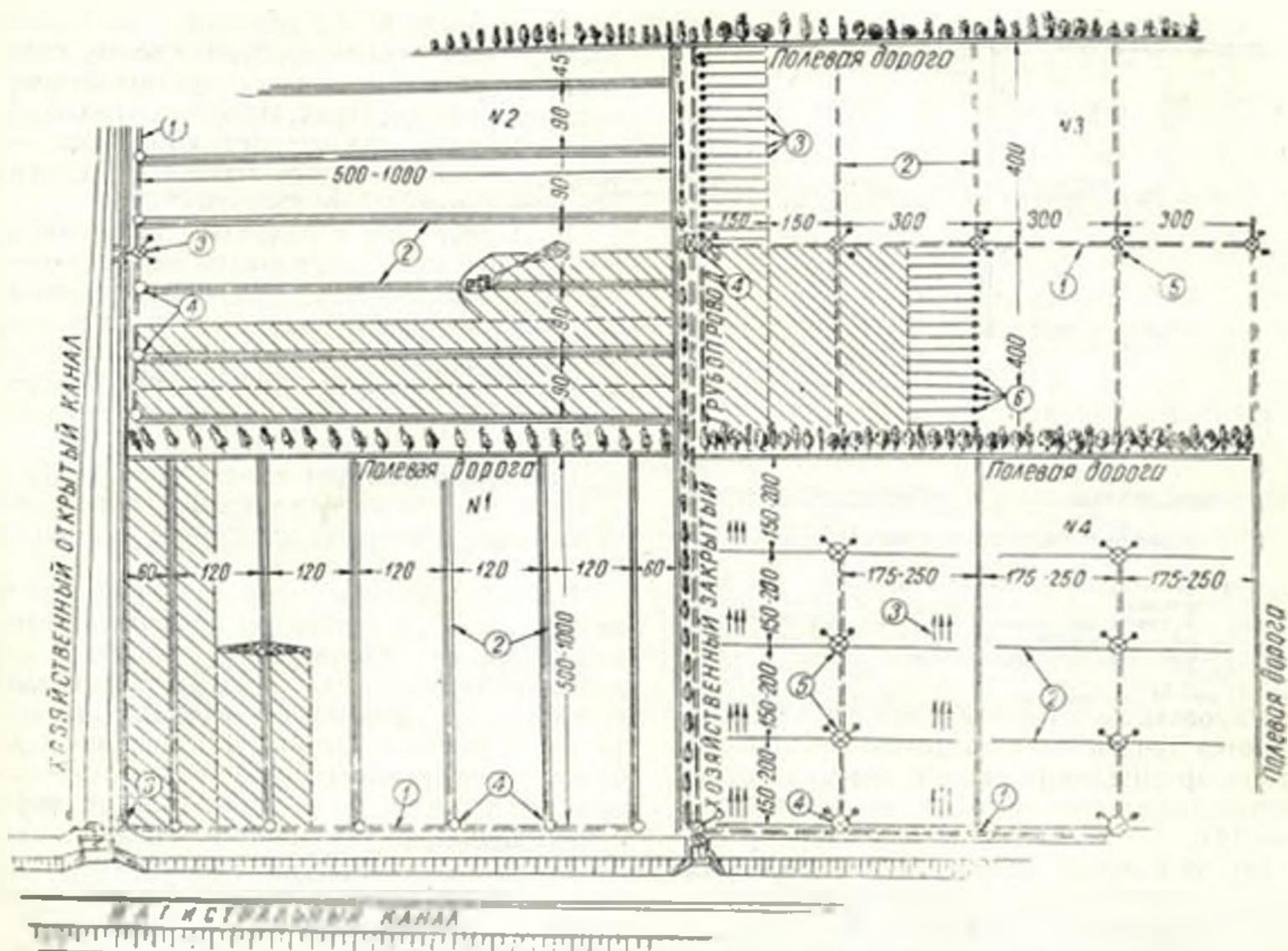


Рис 16. Схемы (№ 1, 2, 3, 4) механизированных закрытых оросительных систем с применением высокопроизводительной техники полива:

схема № 1 — полив дождеванием в движении двухконсольным агрегатом ДДА-100 м. 1 — поливной закрытый стационарный трубопровод, 2 — безуклонные участковые оросители для полива из ДДА-100 м, 3 — водозаборное головное сооружение, 4 — водовыпускные сооружения в участковые оросители с регуляторами постоянного расхода воды.

схема № 2 — полив дальнотруйными дождевальными установками ДДН-70. 1 — поливной закрытый стационарный трубопровод, 2 — безуклонные участковые оросители для полива из ДДН-70, 3 — водозаборное головное сооружение, 4 — водовыпускные сооружения в участковые оросители с регуляторами постоянного расхода воды.

схема № 3 — самонапорные закрытые системы, полив среднетруйным дождеванием из УДС-25; 1 — распределительный закрытый трубопровод, 2 — поливной закрытый трубопровод, 3 — 16 одновременно работающих установок УДС-25 на одной позиции, 4 — водозаборное сооружение, 5 — распределительные колодки с двумя задвижками для подачи воды в поле, 6 — гидранты для подключения УДС-25.

схема № 4 — механизированные системы орошения поля по длинным бороздам из сборно-разборных полиэтиленовых трубопроводов; 1 — закрытый транспортирующий трубопровод, 2 — открытый полиэтиленовый трубопровод с регулируемым водовыпуском в борозды, 3 — направление полива по бороздам, 4 — передвижная насосная установка типа ПШН-165 для водозабора в систему, 5 — распределительные колодки с двумя задвижками для подачи воды в поливные трубопроводы.

проводы, для третьей зоны — напорные распределительные трубопроводы с механической подачей из машинного канала М-2 небольшими насосными установками. Полив производится с помощью переносных гибких трубопроводов, подключаемых к гидрантам.

Эксплуатация этой оросительной системы в течение 12 лет позволяет сделать следующие выводы. КПД оросительных систем с распределительными трубопроводами — около 0,95. Строительство их дает возможность не использовать уклоны местности для создания напоры, необходимых при механизации поли-

вов. При подаче воды против уклонов напоры в трубопроводах можно создать искусственно.

Применение переносных трубопроводов увеличивает производительность труда поливальщиков в 2—3 раза.

Закрытые трубопроводы за 12 лет не требовали расходов на очистку, ремонт и восстановление, надежны и экономичны в эксплуатации. Самонапорные закрытые оросительные системы внедряются при освоении адырных земель в предгорной зоне, где большие уклоны поверхности затрудняют полив по бороздам вследствие возникновения процессов эрозии.

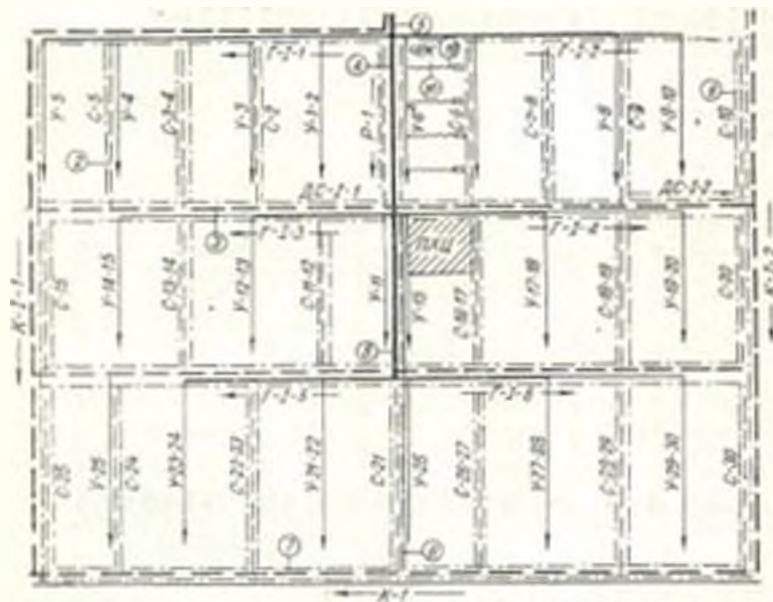


Рис. 17. Рисовая оросительная система инженерного типа:

Р-1 — распределитель, Г-1-1 — групповой ороситель, У-1-2 — участковый, К-1 — коллектор, ДС-1-1 — дренажосборитель; 1 — участковый сброс, 2 — участковый канал, 3 — полевые и эксплуатационные дороги, 4 — внутрихозяйственная дорога, 5 — производственно-жилищные центры.

В проектах освоения адыров все чаще проявляются тенденции к созданию механизированных оросительных систем, где водоподача, водораспределение и полив механизированы (рис. 16).

Другой важный вопрос проектирования и строительства каналов — инженерная сеть в специализированных рисовых хозяйствах. С 1960 г. в Узбекистане строятся инженерные рисовые оросительные системы. Рис орошается путем затопления чеков и требует больше воды, чем другие орошаемые культуры. Но его можно выращивать на тяжелых засоленных землях, непригодных для возделывания других сельскохозяйственных культур.

Согласно решениям XXV съезда КПСС, в северной части КК АССР создается крупная база рисосеяния, ведется комплексное строительство специализированных рисовых совхозов на базе инженерных оросительных систем.

Водопроводящая сеть на рисовых системах такая же, как в обычных системах, однако каналы имеют большую пропускную способность.

Основное отличие рисовых оросительных систем от обычных заключается в том, что нужно обеспечить оптимальный и равномерный слой воды в чеках, а также своевременный сброс воды и снижение уровня грунтовых вод для подсушки чеков перед уборкой, поэтому рисовая оросительная система во всех случаях имеет сбросную сеть, состоящую из участковых, хозяйственных, межхозяйственных и магистральных сбросов.

Расходы воды по отводам, обслуживающим рисовый севооборотный массив, определяются по максимальной средневзвешенной ординате гидромодуля рисового севооборота, а по отводам суходольного комплекса — по максимальной средневзвешенной ординате овоще-кормового севооборота.

В соответствии с принятым режимом орошения риса и водными балансовыми расчетами устанавливаются величины дренажно-сбросных модулей. В зависимости от площади поливных участков расчетные расходы участковых сбросов получаются равными 35—60 л/с, но с учетом технических и эксплуатационных потерь принимаются в 100 л/с.

Расчетные расходы коллекторов, обслуживающих севооборотные массивы, определяются по средневзвешенным модулям рисового севооборота.

Проекты рисовых оросительных систем выполняются на основании полевых инженерных изысканий. Конструкция и размеры каналов оросительной сети рисовых систем выбираются, как в обычных системах, в зависимости от конкретных условий. Рисовые поля разбиваются на спланированные под горизонтальную поверхность чеки прямоугольной формы с прямолнейными валиками. Площадь чека 2—4—6 га зависит от рельефа местности, допускаемой срезки и объема работ по планировке.

Каналы оросительной сети проектируются в насыпи с целью обеспечения затопления чека слоем 25 см. Командование горизонта воды оросителя над чеком предусматривается 0,3 м, превышение горизонта старшего порядка канала над младшим — 0,1 м. Вдоль коллекторно-дренажной и сбросной сети поливных участков устраиваются полевые дороги.

Лесозащитные полосы многорядной посадки располагаются по границам совхозов, отделений и севооборотных массивов, вдоль распределителей и коллекторов старшего порядка, а линейные — одно- и двухрядные посадки — вдоль дорог, оросительных и водоотводящих каналов. Для прохода механизмов при очистке каналов лесонасаждения размещаются с одной стороны (рис. 17, 18).

При проектировании территории рисовых совхозов необходимо обеспечить правильное расположение и конфигурацию поливных участков, а также эффективное использование машин на полевых работах. Каналы, дороги и линейные коммуникации являются границами отделений, бригад, севооборотных массивов и полей севооборота. Участки под полевые бригадные станы и усадьбы совхозов находятся в центре массивов.

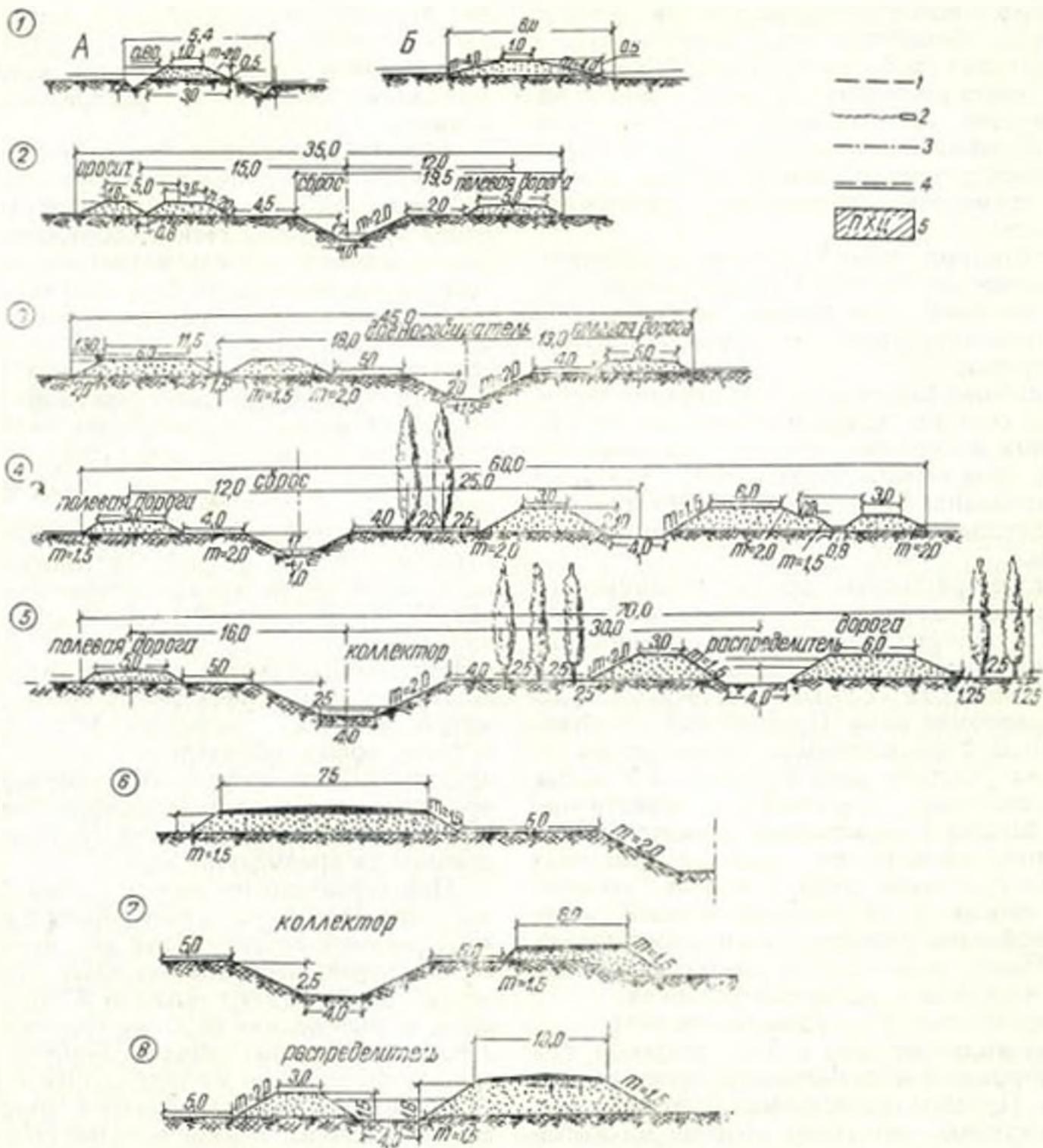


Рис. 18. Типовые поперечные сечения каналов на рисовых системах.

Цифры в кружках 1 — шпалы (А — чеховый, Б — переходный в местах примыкания к полевым дорогам и каналам), 2 — участковый ороситель, участковый сброс и полевая дорога, 3 — групповой ороситель, зрелосборатель и полевая дорога, 4 — распределитель, участковый ороситель, участковый сброс и полевая дорога, 5 — распределитель, коллектор и полевая дорога, 6 — внутрихозяйственная дорога на целине, 7 — внутрихозяйственная дорога вдоль коллектора, 8 — внутрихозяйственная дорога вдоль распределителя, совмещенная с дамбой

Анализируя общие направления в проектировании и строительстве каналов оросительной сети, следует отметить, что в Узбекистане наряду с лотками и закрытыми трубопроводами будут строиться открытые каналы в земляных руслах и с противофильтрационными одеждами. В качестве противофильтрационных одежд широко будут применяться бетонные и железобетонные облицовки.

По мере переустройства и совершенствования оросительных систем удельная протяженность оросительной сети на 1 га будет уменьшаться. Так, в новых инженерных системах удельная протяженность лотковой и трубчатой сети составляет 15—20 пог. м/га, в 1977 г. она составляла более 50 пог. м/га.

В целях дальнейшего совершенствования оросительной сети продолжают научно-

производственные исследования на больших массивах, обобщается опыт строительства и эксплуатации оросительных систем разных видов. Следует разработать методику оценки эффективности антифильтрационных мероприятий, обосновывать применение дорогостоящих облицовок и усилить поиски дешевых покрытий с применением полимеров и местных материалов.

Необходимо усовершенствовать конструкции переносных поливных трубопроводов (гибких и жестких) для полива по бороздам, а также приспособлений для их укладки и транспортировки.

Предстоит разработать конструкции оросительной сети для адырных земель с большими уклонами и способы полива, исключаящие эрозию этих земель. По-видимому, это будет бетонированная лотковая или трубчатая сеть для подпочвенного орошения и полива дождеванием.

Следует расширить производственные исследования подпочвенного и капельного орошения — прогрессивного вида орошения с точки зрения увеличения производительности труда, урожайности сельскохозяйственных культур и экономии воды. Проведенные в Узбекистане опыты подпочвенного орошения на небольших участках дали хорошие результаты.

Необходимо разработать эффективные меры борьбы с зарастанием оросительных и сбросных каналов на рисовых системах КК АССР, а также меры по борьбе с оплыванием откосов в коллекторно-сбросной сети. Целесообразно проверить возможность и эффективность строительства закрытых коллекторов и сбросов в различных условиях.

Современный этап развития сельского хозяйства выдвигает ряд новых вопросов при проектировании и строительстве оросительных систем. Проекты оросительных систем должны соответствовать высокому уровню механизации всех процессов сельскохозяйственного производства. В связи с этим возникает необходимость разработки таких проектов оросительных систем, которые впоследствии позво-

лят поэтапно автоматизировать все процессы от водозабора до полива с широким использованием гидравлической автоматики на магистральных и распределительных каналах.

Комплексная автоматизация процессов водозабора, водоподачи и водораспределения коренным образом изменит конструкции каналов оросительной сети и сооружений. Элементы комплексной автоматизации процессов водозабора, водоподачи будут служить исходными данными при проектировании каналов оросительной сети. Каналы и сооружения должны строиться так, чтобы можно было поэтапно совершенствовать способы и технику полива, каскадное регулирование, гидравлическую и электрическую автоматику и другие элементы автоматизированной системы управления.

Следует отметить, что создание таких оросительных систем требует длительного времени и больших материально-технических затрат. Кроме того, потребуются обширные научно-исследовательские работы по изучению конструкции элементов системы, измерительной аппаратуры, эффективных объемов автоматики и других элементов АСУ. Поэтому проекты новых оросительных систем должны предусматривать последовательный переход от простого этапа к более сложному без или с минимальной реконструкцией объектов, построенных за предыдущий этап.

При строительстве новых систем большое внимание должно уделяться борьбе с непроизводительными потерями, так как, несмотря на то, что строящиеся оросительные системы в лотках, трубах имеют высокий КПД, коэффициент использования воды все еще низок из-за непроизводительных сбросов, особенно в почное время, когда по магистральным и распределительным каналам подаются отрегулированные расходы, а вода используется плохо. Для ликвидации непроизводительных сбросов на различных звеньях оросительной сети целесообразно построить емкости, собирающие не использованную для поливов воду.

Последние 15 лет антифильтрационные мероприятия широко стали применяться в более мелкой распределительной сети, где традиционные земляные каналы заменены совершенно новыми видами оросителей — трубопроводами и лотками.

Лотковые распределители применяются при расходах менее 1,5 м³/с, используются на таких уклонах, где закрытые самонапорные трубопроводы соорудить невозможно, — менее 0,002.

Впервые в Узбекистане, да и во всем СССР, лотковые каналы получили широкое распространение в связи с развернувшимся освоением земель в Голодной степи. С 1959 г. на Бекабадском заводе ЖБИ Главсредазирсовхозстроя освоен выпуск лотков для каналов. До 1974 г. этот завод был единственным в республике специализированным предприятием по производству лотков, затем вступили в строй Каршинский комбинат строительных материалов Главсредазирсовхозстроя, Андижанский и Ферганский заводы Минподхоза Узбекской ССР, а также завод Узглавводстроя.

На Бекабадском заводе до 1 января 1977 г. выпущено 1249 тыс. шт. железобетонных лотков, из которых смонтировано более 7,5 тыс. км. Большая часть продукции завода используется Голодностепстроем, где построено более 5,1 тыс. км лотковых каналов.

Охарактеризовать размах производства и строительства лотков в Узбекской ССР можно следующими данными (на 1 января 1977 г.):

Место монтажа	Организация	Смонтированные лотковые каналы, км
Голодная степь	Голодностепстрой	6,360
Сырдарьинская область	Узглавводстрой	196
Ферганская и Андижанская области	Узглавводстрой	640
Сурхандарьинская область	об. Узглавводстрой	326

Чарвак	Узглавводстрой	6
Учхоз	ТИИМСХ	18
Каршинская степь		2480
Итого по Узбекистану		10016

Каналы из железобетонных лотков построены и строятся на объектах Узглавводстроя в Андижанской и Сурхандарьинской областях, в Джетысаяе и на Чарвакском массиве, в учхозе ТИИМСХ, Каршинской степи, Каракалпакии и в других республиках. Широкое применение лотки-каналы Бекабадского завода ЖБИ нашли в Туркмении, Таджикистане и Киргизии, о чем свидетельствуют следующие данные:

Республика	Кол-во лотков, тыс. шт.	Смонтированные каналы, км
Таджикистан	57,3	389
Казахстан	29,9	208
Киргизия	21,3	149
Туркмения	15,9	112
РСФСР	1,5	11

Лотковые каналы в качестве распределительной и участковой сети могут применяться в широком диапазоне уклонов, сложных рельефах местности, в то время как самонапорные трубопроводы из асбоцементных труб целесообразны при уклонах поверхности только более 0,002. Участковые оросители из железобетонных лотков можно проводить при наибольшем уклоне местности, так как в отличие от земляных каналов на них не требуется устройства перепадов и сопрягающих сооружений. Это позволяет большую часть (более 80%) всей распределительной сети внутри отделений делать наиболее экономной по диаметрам. Межбригадные оросители трассируются в основном вдоль горизонтали.

При орошении из лотковой сети предусматривается подача воды из лотка через водовыпуск и гибкий шланг в борозду. Поливной трубопровод-шланг подключается к водовыпуску.



Полив хлопчатника из капронового шланга. На заднем плане лотковый распределитель.

ному вентилю непосредственно или через транспортирующий трубопровод. Поливной шланг имеет отверстия с клапанами, расстояние между которыми равно ширине междурядия. Воду из участкового оросителя можно забирать также с помощью сифонов.

Расстояние между участковыми распределителями при двустороннем командовании проектируется в 800—1000 м, а при одностороннем 400—500 м. Принимаемая длина участкового распределителя 1,6—2,5 км, обслуживаемая им площадь — 180—200 га. Обычно это площадь одной бригады. При одновременной работе всех участковых распределителей в течение вегетации расчетный расход принят в 200 л/сек. Полив из лотков может производиться по продольной или поперечной схеме.

При продольной схеме вода из лотков разбирается поливными шлангами, расположенными перпендикулярно лотку, и распределяется по бороздам, нарезанным в направлении наибольшего уклона параллельно лотковому оросителю. Одновременно работают 2—3 шланга из одного оросителя с тем, чтобы после окончания полива приступить к обработке; длина гона не должна быть менее 480 м при длине борозды 240 м. Во время работы первого и второго шлангов должен быть уложен третий, резервный. После окончания полива на одной позиции гибкий трубопровод собирают с помощью намоточного устройства и перемещают на другую, расположенную выше позицию. Размер поливного участка принимается в 10—12 га, поливная струя имеет расход 0,30—0,35 л/сек.

При поперечной схеме полива поливной трубопровод располагается вдоль лоткового оросителя на длине 30—40 м. Поливные борозды нарезаны перпендикулярно лотку по искусственно созданному уклону.

В целинной части Голодной степи проведены опыты по сравнению двух схем полива. По первой схеме протяженность участковой сети составляла 12,8 м/га, расход гибких шлангов — 12,0 м/га, производительность труда поливальщика равна 1 га/смену, объем планировки 500—800, по второй схеме соответственно 14,0, 2,2, 2—2,5, 1000—2000.

По второй схеме резко снижается длина гибких шлангов, повышается производительность труда при поливе, увеличивается протяженность лотковой сети. Сочетание поперечной схемы с широкорядными посевами позволяет уменьшить расчетный расход воды в лотках на половине длины участкового оросителя.

При продольной схеме полив начинается с пониженных участков и идет вверх против уклона; обеспечиваемая длина гона механизмов равна 400 м. Полив необходимо осуществлять подряд. Весь лоток должен пропускать 200 л/с, за исключением последнего участка в 240 м.

При поперечной схеме поливать можно с конца или с середины трассы, так как борозды расположены перпендикулярно к лотку и длина их (400 м) позволяет вести продольную обработку. Таким образом, с середины участкового оросителя до конца расчетный расход может быть сокращен до 100 л/с, что дает экономию около 4 руб. на 1 пог. м. Однако следует отметить, что поперечная схема требует больших объемов планировки для создания искусственного уклона, что существенно отражается на естественном плодородии почвы. При проектировании орошения дождевальным устройством лотков отличается от схем сети поверхностного полива тем, что лотки прокладываются в выемке без стоечных опор с расстоянием, равным ширине захвата дождевальных машин.

КОНСТРУКЦИЯ ЛОТКОВ

В ирригационном строительстве нашли применение железобетонные лотки параболического, эллиптического и полуциркульного сечений. В Узбекистане наиболее широко применяют лотки конструкции Гипроводхоза с сечением, очерченным по параболе $X^2 = 2p$, где $p = 0,2$ для внутренней поверхности лотков глубиной 40, 60 и 80 см и $p = 0,35$ для лотков глубиной 100 см.

С 1968 г. в Узбекистане в незначительном количестве стали применяться преднапряженные, гладкие лотки полукруглого сечения глубиной от 25 до 60 см, длиной 6 м, изготовленные на Янгирском заводе методом эмуль-пресс.

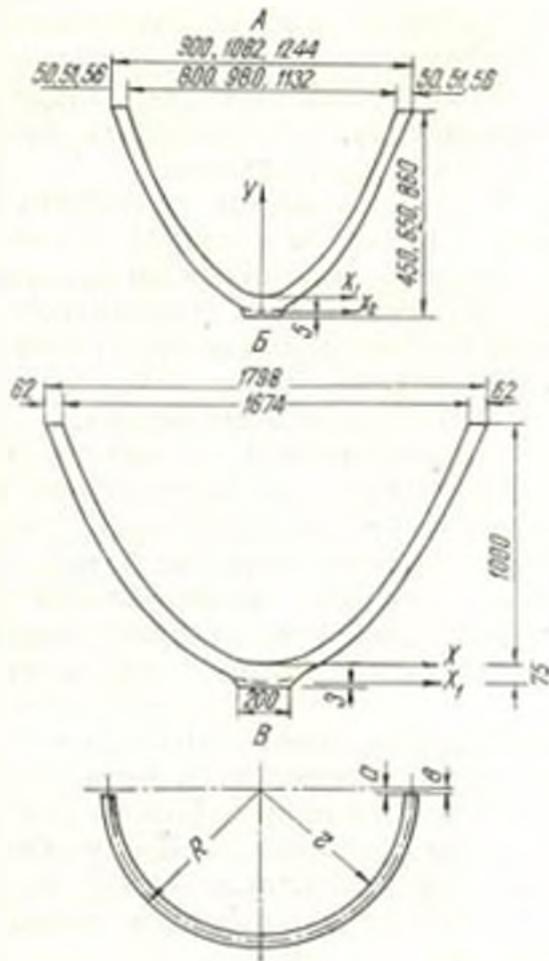


Рис. 19. Типовое сечение лотков:

А — Лр-40, Лр-60, Лр-80, Б — Лр-100, В — по технологии эмульдресс.

Лотки могут быть установлены на стойках и сваях. При монтаже лотковых каналов на стойках применяются три элемента: раструбный лоток, фундамент стаканного типа и стойка; при монтаже на сваях — всего два: раструбный лоток и свая. Для гладких лотков ранее применявшихся конструкций требовалось дополнительно специальное седло или совмещенная стойка с седлом (рис. 19).

При монтаже лотковых каналов на территориях с грунтами, не обладающими просадочными свойствами, могут быть применены сваяные сваи или фундаменты со стоечными опорами без улучшения основания (рис. 20).

Несколько осложняется строительство лотковых каналов на просадочных грунтах, с чем пришлось столкнуться при монтаже лотковой сети в Голодной степи. После специальных исследований САНИИРИ предложил улучшать основание под фундаменты лотков методом ударного уплотнения тяжелыми трамбовками (так называемая выштамповка). С 1960 г. этот метод повсеместно применяется для ликвидации просадок под опорами лотков, но он не всегда устраняет просадочность. В степных районах при малой влажности грунта, кроме того, необходимо предварительное доувлажнение заливкой лунок водой, привозимой иногда

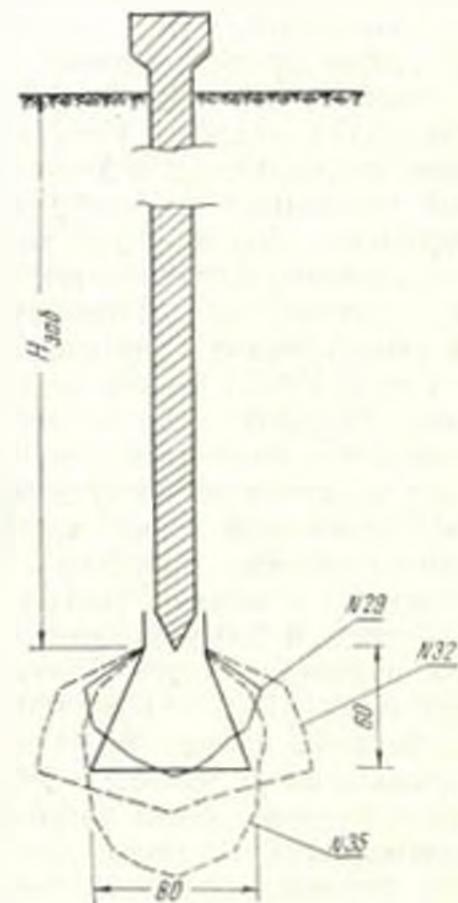
за несколько десятков километров, на выштамповке постоянно занято большое количество экскаваторов.

При строительстве лотковых каналов на массивах Голодной степи с глубоким залеганием уровня грунтовых вод и с повышенной просадочностью грунтов выштамповка основания не всегда приводила к полной ликвидации просадок под фундаментами лотков. Например, на трассах ЮР-18-1-3 и ЮР-18-1-4 совхоза № 26 осадки лотков доходили до 20 см. Однако при таких больших деформациях неравномерность осадок не превышала 5 см.

С 1961 г. начато изучение и применение свайных опор под лотковые каналы. На основании опытов установлено, что осадки свайных опор меньше, чем осадки параллельных лотковых трасс на выштампованном основании. Повторные опыты 1968—1969 гг. выявили значительные сопротивления свай за счет трения грунта по ее боковой поверхности даже при условии полного замачивания. Установлен характер распространения уплотненных зон в грунте при забивке висячих свай. Проведенные в Голодной степи опыты и натурные наблюдения за составлением лотковых каналов на свайных опорах в течение 4—7 лет эксплуа-

Рис. 20. Схема зон уплотнения висячими сваями в совхозе № 28.

Грунт — лессовидный суглинок (свая № 29 — высотой 2,50 м, № 32 — 3,0 м, № 35 — 3,50 м).



таци подтвердили возможность и целесообразность применения висячих свайных опор под лотками, построенными на просадочных грунтах первого типа. В связи с этим за последние годы лотки на сваях нашли в Голодной степи широкое применение.

Лотковые каналы на сваях имеют ряд преимуществ по сравнению с фундаментами на выштампованном основании: резко сокращаются операции по монтажу, в 2—2,5 раза снижаются трудовые затраты, на 10—15% удешевляются работы, освобождается рабочая сила и механизмы (экскаваторы, штамповщики, водоводы, бульдозеры), в 2 раза сокращается потребность в автокранах, благодаря сокращению типоразмеров упрощается комплектация лотковых трасс.

Протяженность внутрихозяйственной распределительной и участковой сети в несколько раз превышает длину всех остальных ирригационных каналов системы. С внедрением лотковых каналов значительно упростилась гидравлические расчеты. Они производятся по нормограммам, по которым очень быстро определяются необходимые гидравлические параметры лоткового канала.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Для изготовления лотков-каналов на заводах применяются следующие методы: поточно-агрегатный, стендовый, метод эмульпресс, используются также армоцементные лотки. Все это было проверено при освоении в Голодной степи. Остановимся лишь на методах изготовления лотков, применяемых в Узбекистане.

Основной поставщик железобетонных лотков в республике — Бекабадский завод ЖБИ, где освоена поточно-агрегатная технология изготовления напряженных лотков глубиной 40, 80 и 100 см (конструкция Гипроводхоза). Длина лотков 6 м. С 1965 г. завод полностью перешел на выпуск растресканных лотков. Необходимо отметить, что благодаря специализации на Бекабадском заводе достигнуто высокое качество лотков при самой низкой себестоимости (по сравнению с другими заводами). Динамика выпуска, монтажа и замены лотков показаны в табл. 15. Лотки М-200 заменяются к шестому году эксплуатации: всего 6 штук из 100, М-300 к седьмому году — 4 из 100.

На Бекабадском заводе ЖБИ поточно-агрегатная технология включает в себя следующие этапы: подготовку форм, изготовление и укладку армокаркаса, установку форм на виброплощадку, формование лотка, перемещение формы с отформованным лотком на площадку

для термообработки, распалубку, транспортировку на склад готовой продукции и ее выдерживание. Арматурный цех на заводе полностью механизирован с помощью многоточечных и одноточечных станков.

Для изготовления лотков применяется песок фракции 0,14—5 мм и гравий крупностью 5—20 мм. Применяемый песок по гранулометрическому составу близок к стандартному гравию. В связи с этим расход цемента несколько повышен и составляет при осадке конуса 1—2 см 440 кг (М-400) на 1 м³ бетона.

Лотки изготавливаются из бетона марки 300 (до апреля 1963 г. они выпускались из бетона марки 200, что недостаточно). Эксплуатационные показатели лотков из бетона марки 200 в 3 раза хуже, чем из бетона 300 (табл. 16, 17). Необходимо отметить, что, например, в Марокко проектная марка лотков составляет 400.

На Бекабадском заводе лотки формируются и термообрабатываются в металлических формах с двойной обшивкой бортов для подачи пара в наружную полость между обшивками. Формы лотков изготавливаются на Гулистанском ремонтно-механическом заводе Голодостепстроя.

Бетон уплотняется на виброплощадках с вертикальными колебаниями. При этом способе вибрации у бортов он прорабатывается намного лучше, чем у донной части, так как время вибрации бортов достигает 5—7 мин., дна — 1,5—2 мин. Вибрационные условия в бортах выше, чем у дна. Неоднородность проработки бетона была одной из причин различной прочности лотка по сечению.

Для высококачественной проработки бетона внедряется (после экспериментальной проверки, выполненной под руководством главного инженера Н. П. Турубара) уплотнение бетонной смеси с помощью поперечно-горизонтально направленных колебаний.

Тепловая обработка лотков на Бекабадском заводе принята по 16-часовому режиму с подъемом и сбросом температуры по 2 часа и с прогревом при +80° в течение 12 час. Горловина формы лотков раньше оставалась открытой. Принятый режим прогрева не обеспечивал получения однородной прочности бетона по всему сечению лотка, шельга лотка имела пониженную прочность. Указанный недостаток частично устраняется с помощью гидрозатворов для горловины и уточнения режима пропаривания.

После охлаждения форм и лотков готовые изделия транспортируются на специальных тележках на склад, где в сухое время года ведется их увлажнение.

Таблица 15

Выпуск Бекабадским заводом ЖБИ, монтаж в Голодной степи и замена лотков в Голодной степи по годам

Показатель	Год									
	1960	1961	1962	1961	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Выпуск лотков, тыс. шт.	4,4	29,2	54,4	54,3	67,2	79,1	86,5	78,2	88,1	80,4
км	26	175	327	326	403	475	520	490	579	552
Заводской брак, шт.	252	1434	1581	1982	995	560	554	387	616	658
%	5,8	4,9	2,9	3,7	1,5	0,71	0,61	0,53	0,70	0,82
Монтаж каналов, км	22	148	198	297	323	364	406	347	350	352
Монтаж нарастающим итогом, тыс. шт.	0,3	25,0	58,0	107,5	161,2	221,9	289,5	347,0	405,0	463,4
Заменено лотков при эксплуатации, шт.	—	—	—	—	114	546	1388	1615	1670	790
Замена к монтажу на конец года, %	—	—	—	—	0,1	0,26	0,51	0,51	0,44	0,18
То же нарастающим итогом, шт.	—	—	—	—	114	660	2018	3653	5333	6123
%	—	—	—	—	0,1	0,31	0,76	1,14	1,42	1,41

Показатель	Год								
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Итого
Выпуск лотков, тыс. шт.	84,8	102,7	105,8	113,0	113,7	113,75	118,8	124,6	1499,95
км	582	694	702	692	683,2	685,06	715,8	749,8	9376,86
Заводской брак, шт.	670	822	1048	160	1497	1094	800	1143	17056
%	0,79	0,80	0,98	0,85	1,3	0,97	0,69	0,92	1,1
Монтаж каналов, км	320	359	416	436	374	417	380	245	5748
Монтаж нарастающим итогом, тыс. шт.	516,3	576,9	647,8	718,4	773,7	843,2	906,5	945,3	9004,9
Заменено лотков при эксплуатации, шт.	615	1496	2024	2520	2500	2066	2956	3504	24024
Замена к монтажу на конец года, %	0,17	0,28	0,34	0,37	0,4	0,3	0,46	0,89	0,26
То же нарастающим итогом, шт.	6938	8434	10458	12978	15478	17561	20020	23524	133 335
%	1,46	1,60	1,76	1,93	2,1	2,09	2,20	2,51	2,51

На снижении долговечности и прочности лотков сказывается повышенное содержание щелочей в цементе. Проведенными в Голодной степи в 1971 г. исследованиями установлено, что быстрое разрушение лотков при первом пропуске воды происходит вследствие щелочной коррозии бетона. Испытания показали, что при содержании щелочей и цемента более 0,6% на поверхности лотков появляются обильные налеты солей белого цвета и начинается быстрая коррозия. Это объясняется тем, что в тонкостенных напорных конструкциях под действием воды происходит быстрая миграция щелочей и гидроксида кальция к наружной поверхности бетона с последующей карбонизацией. Рост кристаллов карбонатов в порах цементного камня приводит к разрушению бетона. Процесс разрушения усугубляется тем, что в заполнителях содержится реакционноспособный кремнезем в предельно допустимых нормах. Активный кремнезем, вступая в реакцию со щелочью цемента, уско-

ряет коррозию бетона. Следовательно, рекомендуемое нами содержание щелочи в цементах для изготовления лотков — не более 0,6%.

Как отмечалось, Бекабадский завод ЖБИ — специализированное предприятие, выпускающее только лотки. Фундаменты ФБЛ-1 и ФБЛ-2, стойки трех типоразмеров и сваи для лотковых каналов изготавливаются на Янгнерском комбинате железобетонных изделий и конструкций из бетона марки 200.

Технология изготовления лотков по методу эмульпресс отличается от всех остальных технологических линий, принятых на отечественных заводах. Янгнерский завод по технологии эмульпресс выпускает предварительно напряженные железобетонные безраструбные лотки полудиркульного сечения длиной 6 м, глубиной 25—60 см.

Изделия формуется в вертикальном положении на стационарно установленных формах. Формуется одновременно 2 лотка. Бетонная смесь с повышенным водо-цементным соотно-

Таблица 16

Замена лотков различных марок прочности в процессе эксплуатации в зависимости от срока службы

Совхоз	Срок служ-бы, годы	Длина, км	Общее кол-во, шт	Замена за период эксплуата-ции		Всего за год, %
				шт.	%	
М-200						
№ 6	8,0	107,9	17 930	1077	5,95	0,74
№ 7	7,0	163,5	27 250	1283	4,71	0,67
№ 1	7,0	136,1	22 680	1192	5,24	0,75
«Пахтакор»	6,0	122,4	20 100	595	2,92	0,49
№ 17	7,0	168,7	28 110	1022	3,64	0,52
Итого						0,67
М-300						
№ 26	5,0	161,5	27 410	359	1,31	0,22
№ 18	5,0	130,4	21 730	223	1,03	0,21
№ 19	5,0	140,2	23 360	318	1,41	0,28
№ 25	4,0	149,0	24 830	33	0,12	0,03
№ 28	4,0	141,1	23 510	74	0,32	0,08
№ 10	3,0	206,0	34 330	170	0,50	0,16
Итого						0,16

шенем (до 0,8) закачивается снизу до полного заполнения формы. После этого излишки воды отжимаются из бетона с доведением водо-цементного соотношения до 0,3—0,35. Одновременно бетонная смесь уплотняется. Частицы цемента задерживаются в бетоне с помощью специальных фильтров. После удаления воды в форму подается пар под давлением 4 атм. с температурой +140°C.

Процесс термообработки длится всего 1—2 часа. Для производства лотков применяется портландцемент марки не ниже 500, щебень

крупностью 5—10 мм Чиназского завода и крупнозернистый сортированный песок Джуминского карьера. Предварительно напряженная продольная арматура выполняется из высокопрочной стали диаметром 5 мм. Поперечная арматура отсутствует, за исключением двух небольших сеточек, установленных по концам лотка.

Завод сдан в эксплуатацию в 1967 г. и практически является экспериментальным предприятием, так как отечественного опыта изготовления лотков по технологии эмульпресс не имеется. Установленная стоимость изделий на 1970 г. 97 руб. за 1 м³.

ТРАНСПОРТИРОВКА И МОНТАЖ ЛОТКОВ

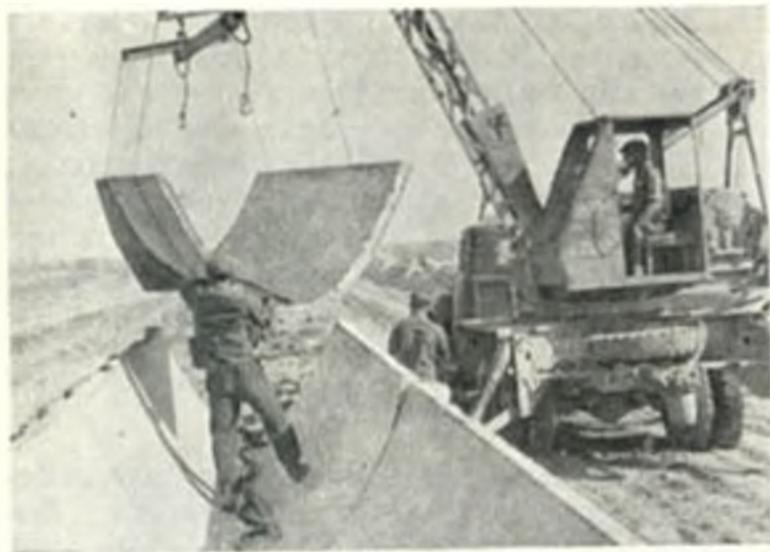
Для доставки лотков к месту строительства каналов применяется как автомобильный (на близкие расстояния), так и железнодорожный транспорт (на дальние). На автомобилях они устанавливаются на специальные железобетонные седла, по железной дороге на специально оборудованные платформы с помощью контейнеров, разработанных ГСКБ по ирригации с участием Бекабадского завода. В этих контейнерах лотки транспортируются в наклонном к оси движения положении, при котором исключены повреждения их в пути вследствие динамических нагрузок при толчках, спусках с горки и т. п.

В Голодной степи накоплен опыт по перевозке лотков автотранспортом на расстояние до 150 км. Лотки на автомашине устанавливаются ярусом по 2—4 шт., они опираются на специальные съемные опоры-подставки конструкций треста «Промстройматериалы», чем обеспечивается полная сохранность лотков.

Таблица 17

Динамика замены лотков по годам эксплуатации

Совхоз	Третий		Четвертый		Пятый		Шестой		Седьмой		Восьмой	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
№ 6	75	0,42	195	1,08	323	1,81	804	4,5	1032	5,8	1067	5,95
№ 7	71	0,26	409	1,51	703	2,57	980	3,6	1283	4,71	—	—
№ 1	28	0,12	500	2,2	772	3,4	1072	4,6	1192	5,24	—	—
«Пахтакор»	61	0,29	180	0,89	330	1,62	525	2,57	595	2,29	—	—
№ 17	101	0,37	234	0,89	361	1,29	740	2,61	1022	3,64	—	—
Среднее		0,29		1,34		2,14		3,57				5,95
№ 26	157	0,57	227	0,83	297	1,09	359					
№ 18	65	0,3	158	0,2	223	1,03	223	1,31				
№ 19	—	—	88	0,37	168	0,71	318	1,41				
№ 28	25	0,1	41	0,16	74	0,32						
№ 25	15	0,06	25	0,10	33	0,12						
Среднее		0,20		0,42		0,6		1,25				



Установка лотков распределительного канала.

Монтаж лотковых каналов осуществляется комплексными бригадами поточным методом. Благодаря постоянному совершенствованию технологии монтажа производительность труда на строительстве лотков систематически повышается. Если в 1962 г. затраты труда на 1 лоток составляли 0,94 чел/дней, то в 1965 г. они сократились до 0,59, а с переходом на рас­трубные лотки — до 0,31 чел/дня.

При монтаже лотков на стоечных опорах технологический цикл состоит из подготовки лунок, заливки их водой, выштамповки основания, зачистки котлованов, установки фунда­ментов и стоек, их гидроизоляции, засыпки опор и монтаж лотков с заделкой стыков. Применяются следующие механизмы: экскава­тор «Белорусь», автоводовоз, экскаватор для выштамповки, автокран для установки фунда­ментов стоек и лотков и бульдозер для за­сыпки.

Как отмечалось, технология монтажа лот­ков на сваях значительно проще. После раз­бивки трассы и раскладки свай на ее оси с по­мощью сваебойного агрегата свая забивается до заданной отметки. На торцевую поверх­ность свай подливается раствор и устанавли­вается лоток с одновременной заделкой стыков поронзоловым жгутом. Поронзол — это гни­лостойкий пористый материал объемным ве­сом 250—450 кг/м³, сырьем для его производ­ства служат старые автопокрышки, девулкани­зированные отходы каучука и прочие отходы, а также добавки дистиллятов и преобразова­телей.

ГЕРМЕТИЗАЦИЯ СТЫКОВ

Для заделки стыков лотков в Голодной сте­пи после длительных поисков остановились на применении поронзола.

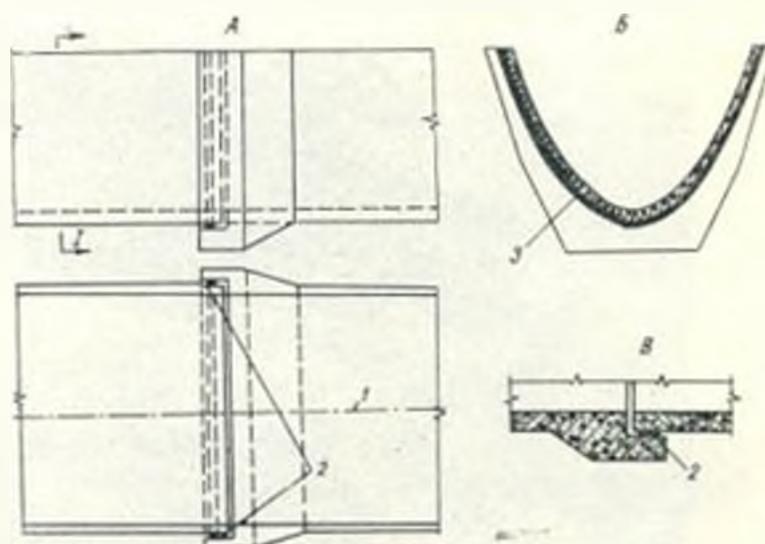
Эксплуатация каналов (с 1966 г.), а также наблюдения на экспериментальном канале в городе Янгере показали достаточную надеж­ность стыка, выполненного из поронзолового жгута.

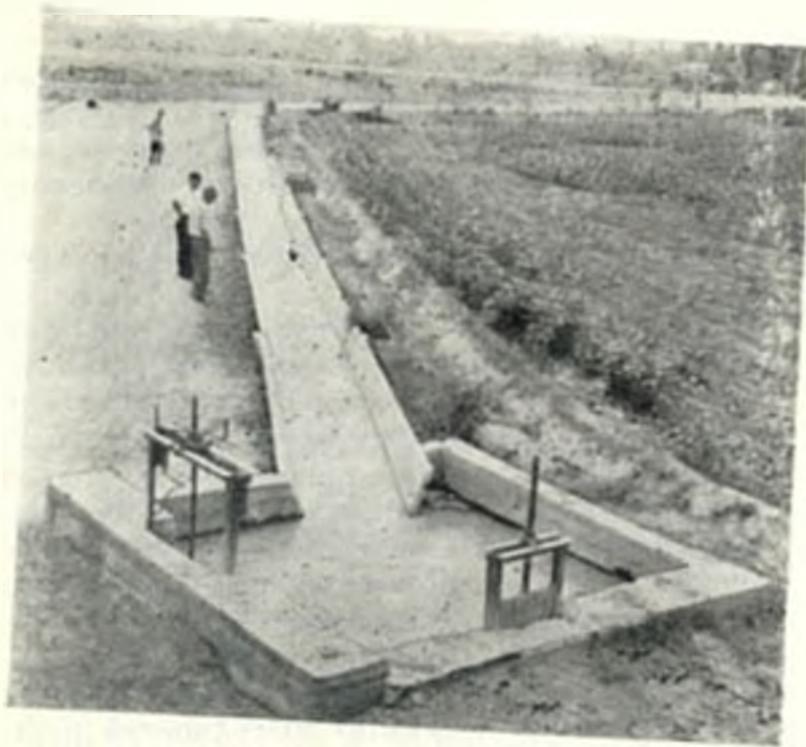
Технология выполнения стыка из поронзо­ла на рас­трубных лотках достаточно проста. Во время монтажа лоткового канала поронзо­ловый жгут подводится под доннюю часть лот­ка и слегка натягивается вручную или с по­мощью специальных фиксаторов, лоток опу­скается до проектного положения. В Голодной степи применяется поронзол Чимкентского ши­но-ремонтного завода в основном треугольного сечения. Этот вид поронзола обладает доста­точной механической прочностью (8,0—14,0 кг/см²), необходимой упругостью и спо­собностью уплотнять стык при значительных отклонениях примыкающих поверхностей рас­труба и лотка. Поронзоловые жгуты уклады­ваются без изоляционной мастики. Располагаются они посередине рас­труба без фиксаторов об­жатия.

На плотности стыка, выполненного по­ронзолом, существенно отражается качество совпадения параболических поверхностей рас­труба и гладкой посадочной части лотка. Раз­ница максимального зазора между примыкаю­щими поверхностями не должна превышать 0,5—0,8 см. Равномерность зазора по всему периметру стыка будет обеспечена, если по­верхность рас­труба и гладкой части лотка очерчены по тождественным параболам, плос­кость опорной части рас­труба строго перпен­дикулярна оси параболы, а сам лоток не имеет «пропеллерности». Для этого нами была резко повышена требовательность к точности изготовления металлических форм лотков, осо­

Рис 21. Конструкция стыка рас­трубных лотков, выпол­ненная с применением обжатого поронзола:

А — вид сбоку, Б — разрез по 1—1, В — узел стыка лот­ков, 1 — ось лотка, 2 — обжатый поронзол, 3 — поронзол.



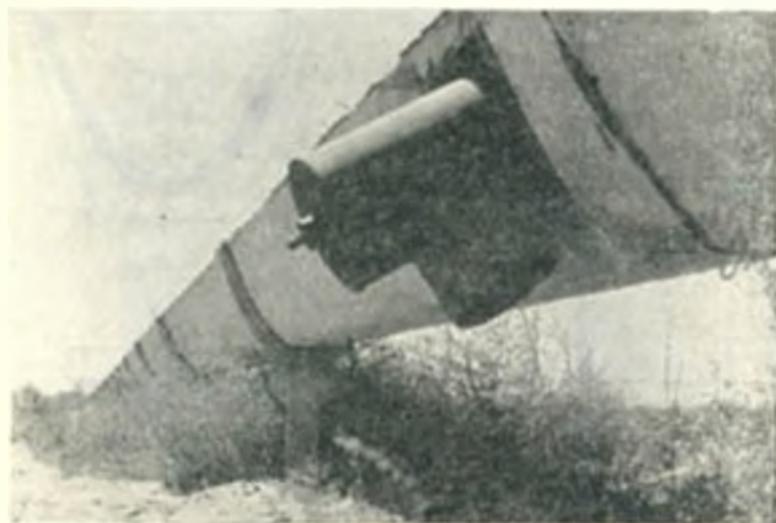


Водовыпуск из лотка.

бенно в посадочных местах. Повышение точности изготовления форм позволило выпускать раструбные лотки, обеспечивающие в 95% случаях герметичность стыка, выполненного обжатым поронизолом. Стыки, у которых плотность не достигнута, дополнительно заполняются горячей битумной мастикой (рис. 21).

В Голодной степи ведутся систематические наблюдения за плотностью стыка и состоянием поронизоловых жгутов. Установлено, что механическая прочность поронизола Чимкентского завода после пятилетней эксплуатации каналов уменьшилась незначительно. Извлеченный из стыка поронизол сохраняет эластичность, частично восстанавливает начальную форму сечения; неглубокие трещины наблюдаются лишь на участках, подверженных солнечному облучению. После зимней эксплуата-

Водовыпуск из лотка.



ции лотковых каналов герметичность стыков из поронизола сохранялась полностью. Практически не изменилась механическая прочность поронизола после 50 циклов замораживания, произведенного в морозильной камере.

Результаты исследований и наблюдения за лотковыми каналами позволяют сделать вывод о том, что поронизол вполне надежный и достаточно экономичный материал для устройства стыков в раструбных лотках.

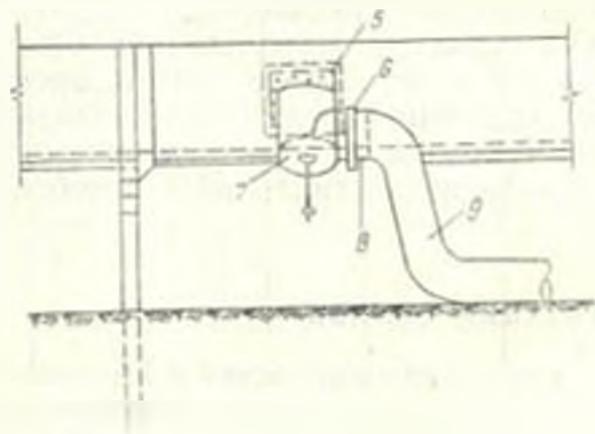
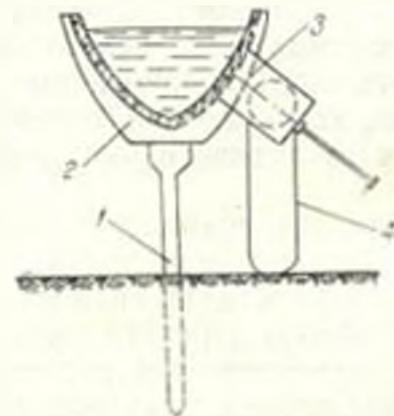
СООРУЖЕНИЯ НА ЛОТКОВОЙ СЕТИ

Оросительная сеть из сборных железобетонных лотков включает в себя проезды, дюкеры, водовыпуски, вододелители, поворотные, сбросные, сопрягающие сооружения и др. Сооружения обычно монтируются из сборных железобетонных конструкций, состоящих из нескольких элементов (дюкеры, проезды) или отдельных блоков (водовыпуски, вододелители).

Конструктивные решения сооружений на лотках даются в типовых проектах. Водовыпуски из каналов в лоток с водомерами приняты трубчатой конструкции с проездом шириной проезжей части 7,0 м. Сооружение состоит из входной и водопроводящей части.

Рис. 23. Водовыпуск из лотка:

1 — свая, 2 — раструбный лоток, 3 — вентиль, 4 — гибкий шланг, 5 — закладная рама, 6 — хомут, 7 — вентиль на трубе, 8 — гибкий шланг.



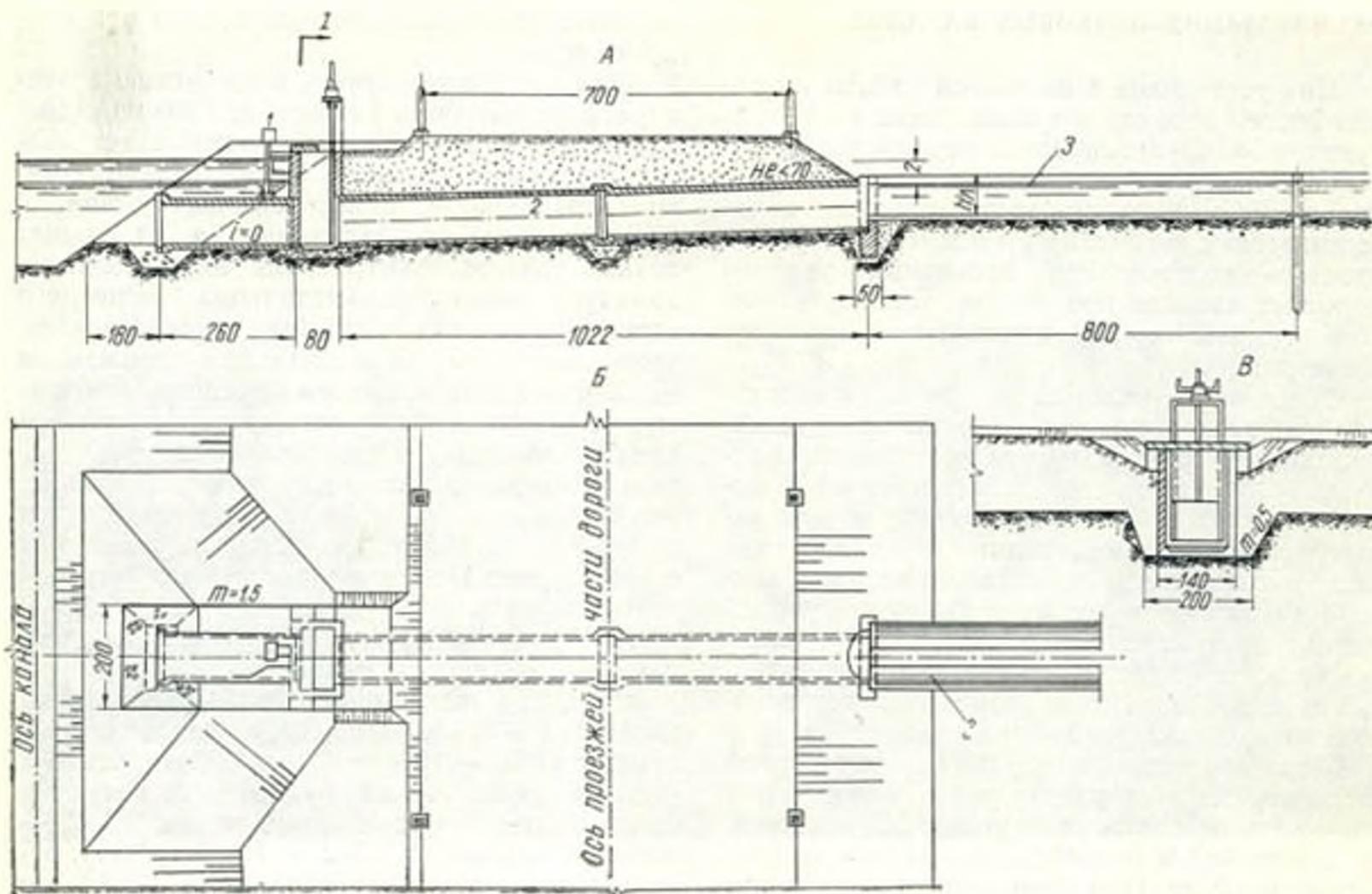


Рис. 22. Водовыпуск с водомером:

А — продольный разрез по оси сооружения; 1 — устройство для установки ДРС 60, 2 — блок ГР 80, 3 — лоток. Б — план (затвор не показан), В — поперечный разрез 1.

Входная часть представляет собой шахту, в которой устанавливается плоский скользящий металлический затвор с винтовым подъемником и динамическим расходоуказателем ДРС-60 конструкции САНИИРИ. Через водовыпуск из лотков вода подается на орошаемые поля при помощи гибких шлангов (рис. 22).

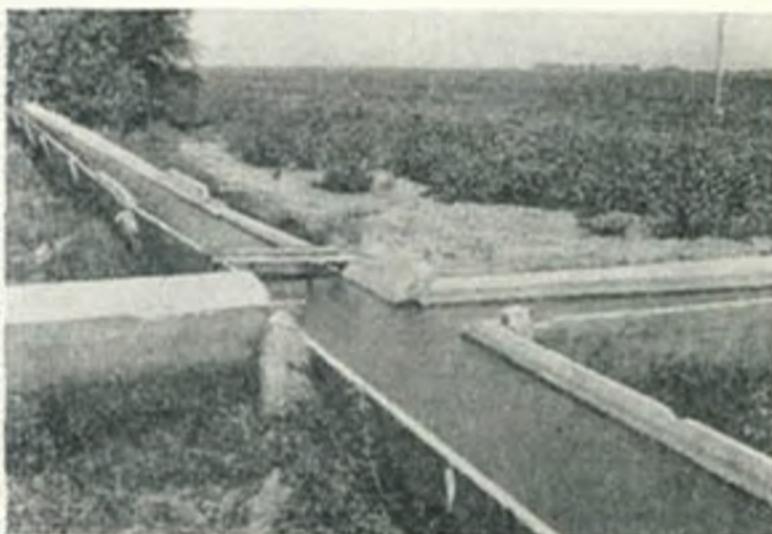
Повсеместно применяются лотки-водовыпуски конструкции железобетонных заводов Голодной степи, отличающиеся от ранее применяемых водовыпусков простотой изготовления и монтажа, меньшей стоимостью и удобством в эксплуатации. Водовыпуск представляет собой лоток, в боковую поверхность которого при бетонировании закладывается рама с отверстием. К раме при помощи болтов крепится облегченный вентиль с патрубком. Гибкий трубопровод присоединяется к патрубку с помощью специального стяжного бандажа (рис. 23).

Поворотные сооружения и вододелители монтируются из железобетонных прямоугольных блоков. Донный блок устанавливается прямо на подготовленное основание; верхний блок, имеющий вырезы параболической формы под опорную поверхность лотков, соеди-

няется с донным блоком с помощью цементного раствора.

Дюкеры с пересздом монтируются из сборного железобетона и состоят из входного и выходного шахтных колодцев, соединенных раструбными железобетонными трубами, проложенными под проезжей частью дороги.

Лотковый вододелитель.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

Для устойчивой и надежной работы лотковых систем необходимо выполнение соответствующих эксплуатационных мероприятий. Основная задача эксплуатации — обеспечение подачи на поля заданных расходов воды, что достигается соблюдением и поддержанием в процессе эксплуатации проектных уклонов лотковых каналов при соответствии фактической гидравлической шероховатости лотков расчетной.

Обеспечение уклонов во время строительства достигается постоянным контролем геодезических групп и пропуском контрольных расходов во время сдачи лотковых каналов в эксплуатацию. Для поддержания проектных уклонов во время эксплуатации через два года после пуска воды на участках со значительными осадками опор (более 2 см) или поврежденных механизмами строительная организация производит послеосадочный ремонт лотковых трасс. Для этого на монтаж лотков необходимо предусматривать средства.

Шероховатость лотков в Голодной степи после перехода на раструбные с уплотнением стыков поронзолоном жгутами резко снижена и доведена в большинстве случаев до расчетных величин. При скоростях течения менее 0,6 м/сек на дне лотков наблюдаются отложения ила, которые необходимо удалять в начале вегетации при первом пропуске воды. В противном случае прорастают водные растения, что резко снижает пропускную способность лотков.

Для подачи повышенных расходов воды в первые годы орошения или на промывку требуется увеличение пропускной способности лотков. Для этих случаев Голодностепстрой разработал технологию наращивания лотков армоцементными плитами на эпоксидных клеях, с применением клеющей композиции КБ-2. Пропускная способность лотков после наращивания на 20 см увеличивается на 32—57% в зависимости от начальной глубины лотка. Стоимость работ по наращиванию не превышает 2,8 руб. на 1 км канала.

В Голодной степи зимой 1966—1967 гг. произведена опытная эксплуатация лотков. Наблюдения показали, что при температуре воздуха ниже 3—5°C в лотках образуется лед, а при 10—16°C лотковые каналы покрываются сплошным слоем льда. На участках, отходящих от крупных оросителей, и в лотках с большими скоростями лед образовывался только у кромок и по внутренней поверхности лотков. Опыты подтвердили возможность зимней эксплуатации лотков при температуре до —10°C,

хотя необходим повышенный надзор при пропуске воды.

Опыт по изготовлению, применению и эксплуатации лотковых каналов (с 1960 г.) с достаточной обоснованностью подтверждает долговечность и надежность оросительной сети, смонтированной из железобетонных лотков.

В процессе эксплуатации на отдельных лотках появляются трещины или оголяется арматура из-за недостаточного защитного слоя, для ремонта могут быть использованы эпоксидные смолы или клеющая композиция КБ-2. Перед заполнением трещины расширяются до оголения арматуры и продуваются сжатым воздухом. Подготовленные таким образом, они заполняются клеевым составом. На участках с оголенной арматурой производится также зачистка бетона и удаление ржавчины с арматурных стержней, после чего участок покрывается клеем того же состава.

Для ремонта лотков могут быть рекомендованы следующие составы:

на основе эпоксидных смол — эпоксидная смола ЭД — 6—10% по весу, полиэтиленполиамин ППВ — 10% по весу и наполнитель (цемент, мелкий песок) — 250% по весу,

на основе клеющей композиции КБ-2 — основной компонент КБ-2 — 100% по весу, отвердитель — полиэтиленполиамин — 8% по весу и наполнитель (цемент, песок) — 200% по весу. Эти составы также применяются для наращивания лотков.

Клеевые составы готовятся непосредственно перед укладкой и наносятся на сухие поверхности. При температуре воздуха +15 +20°C отремонтированные лотки могут быть заполнены водой через 12—16 час. По прочностным и другим показателям отремонтированные лотки не уступают новым, т.е. шероховатость не повышается и пропускная способность не снижается.

С целью выявления долговечности лотков Голодностепстрой подверг анализу данные по замене элементов лотковых каналов, а также провел обследования (в течение 1967—1970 гг.) более 54 тыс. лотков.

Замена может быть выражена следующими степенными зависимостями:

$$\text{для лотков из бетона } 200Y = 0,388 (t-2)^{1,5}, \quad (1)$$

$$\text{для лотков из бетона } 300Y = 0,129 (t-2)^{1,4}, \quad (2)$$

где Y — замена лотков за период службы t (в годах), %.

Решая эти уравнения для полного износа, находим срок службы лотков: для 200 — 42 года, для 300 — 70 лет.



Артезианская скважина. Шахриязбский район Кашкардарьинской области.

Вертикальный дренаж в Голодной степи.





Памятник «Жажда».

Пульт управления.



Диспетчерская. Аккадирьинский узел на р. Зарафшан.





Каттакурганское водохранилище.

Подводящий канал для наполнения Каттакурганского водохранилища





Канал Шахруд. Бухарская область.

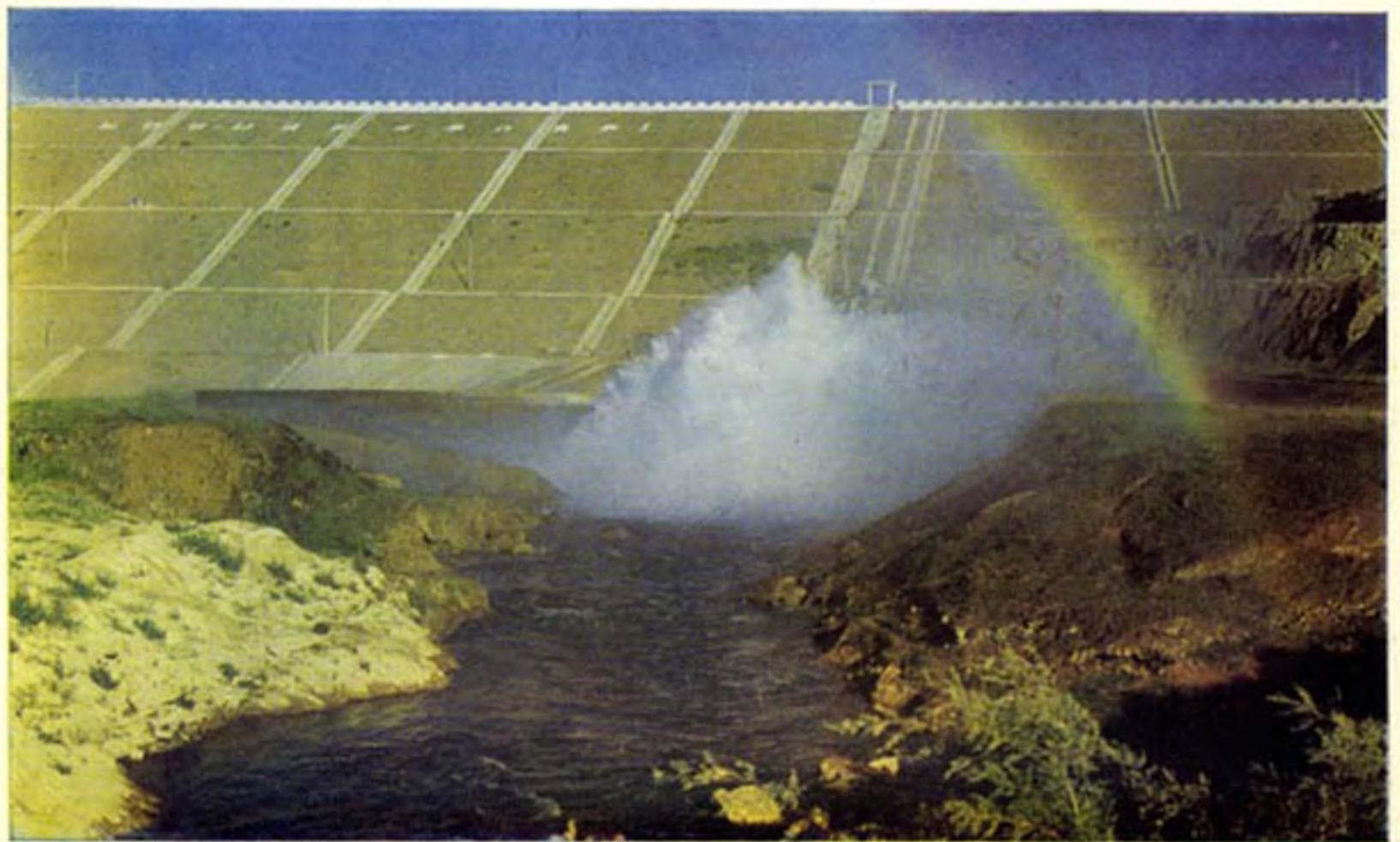


Канал Ждевани. Самаркандская область.



Чимкурганское водохранилище.

Пачкамарское водохранилище. Кашкадарьинская область.





Канал «Москва». Кашкадарьинская область.





Амударьиний канал (ЛБК)





Насосная станция Хамса II на АБК—II. Бухарская область.





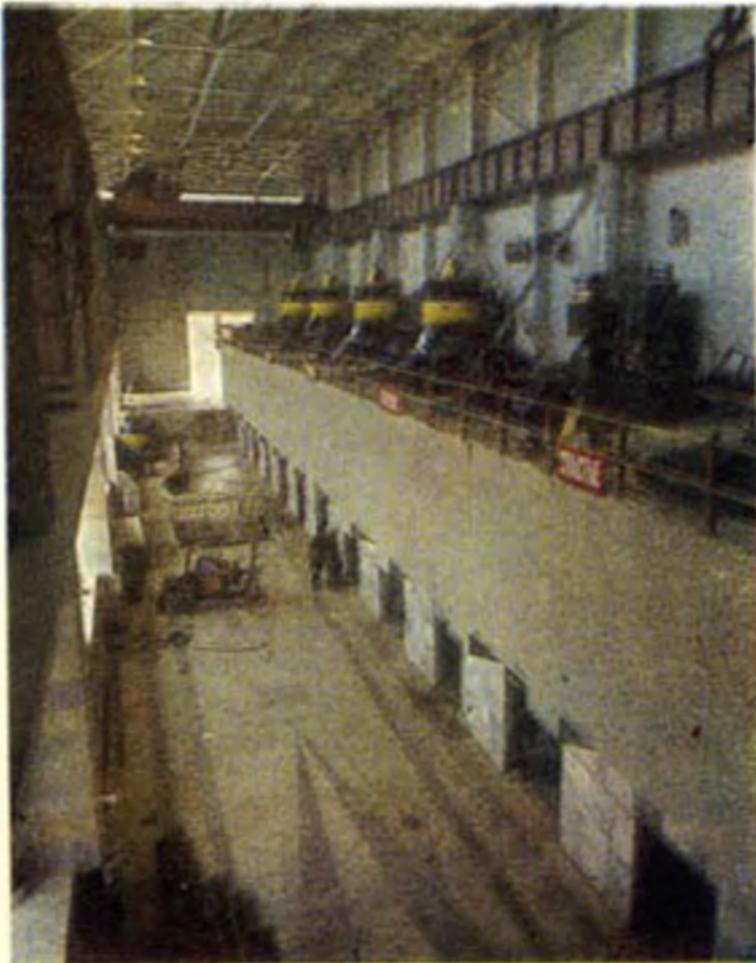
Насосная станция Хамза II на АБК-II.

Вододелитель на АБК-II.





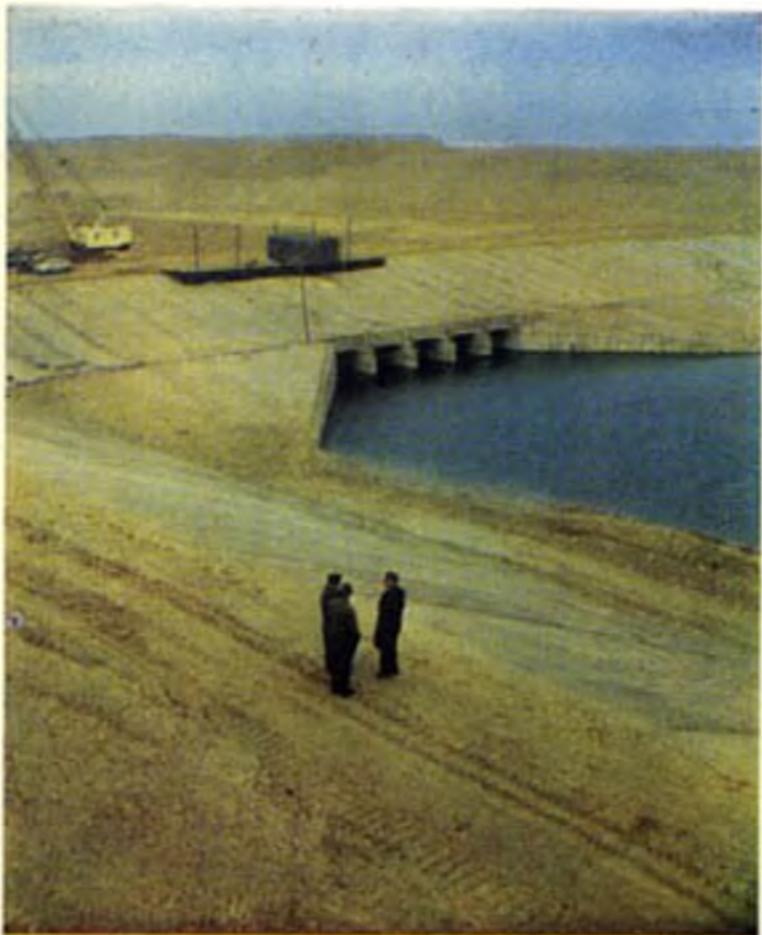
Насосная станция № 4 на Каршинском машинном канале (КМК)

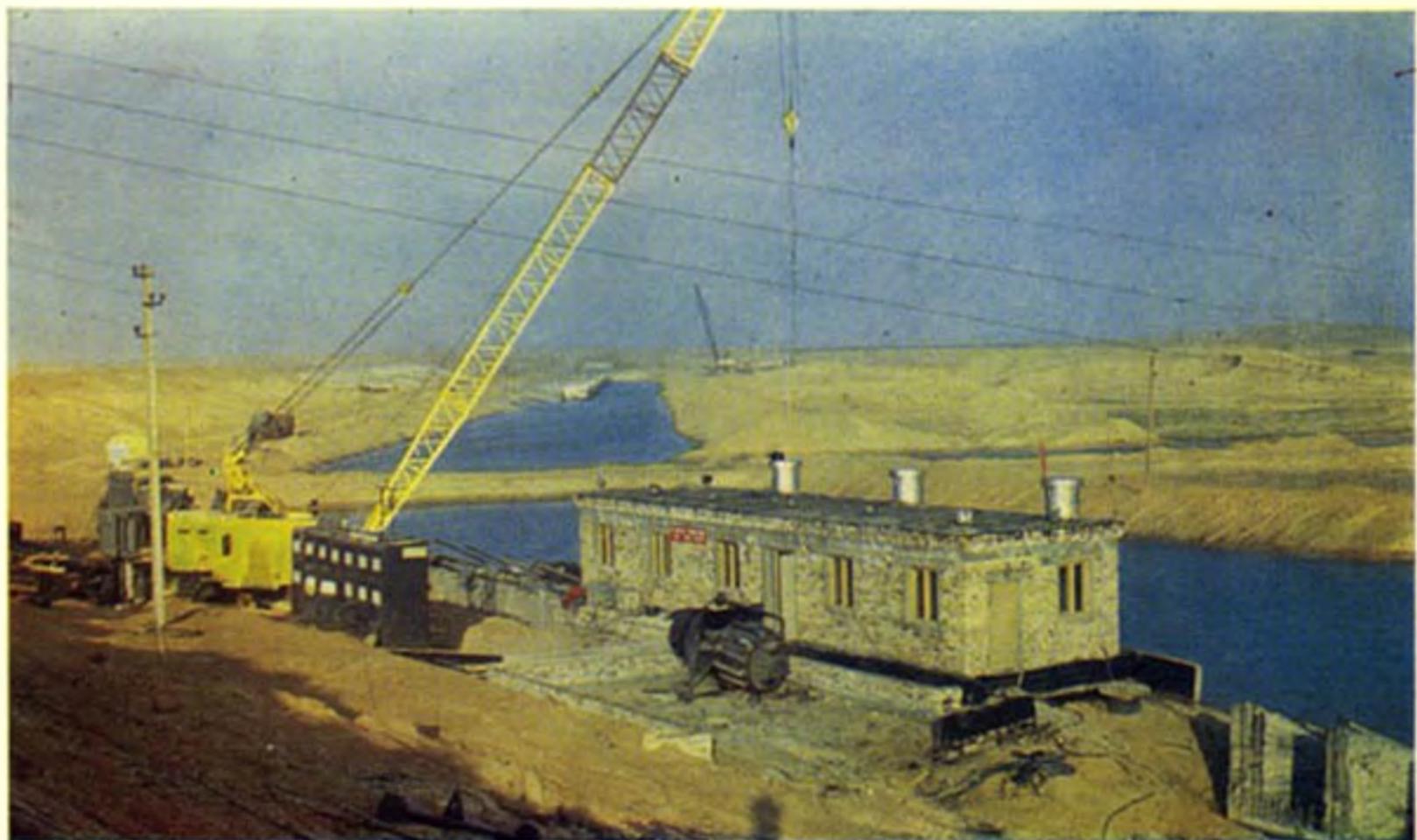




Талимарджанское водохранилище на КМК.

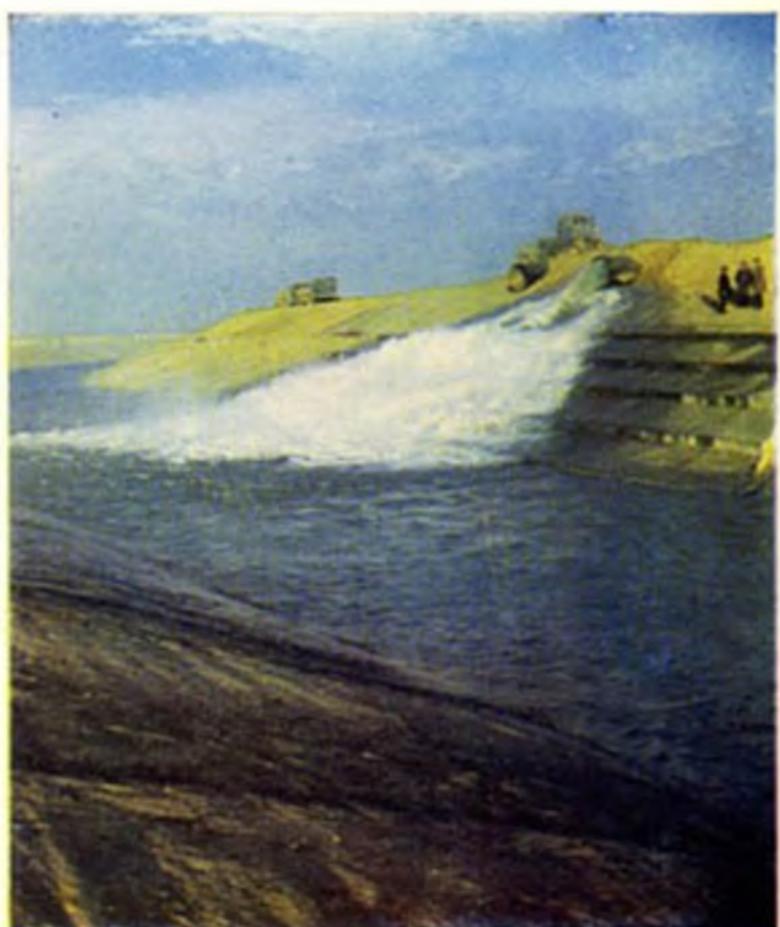
Водовыпуск из водохранилища в рабочую часть КМК.





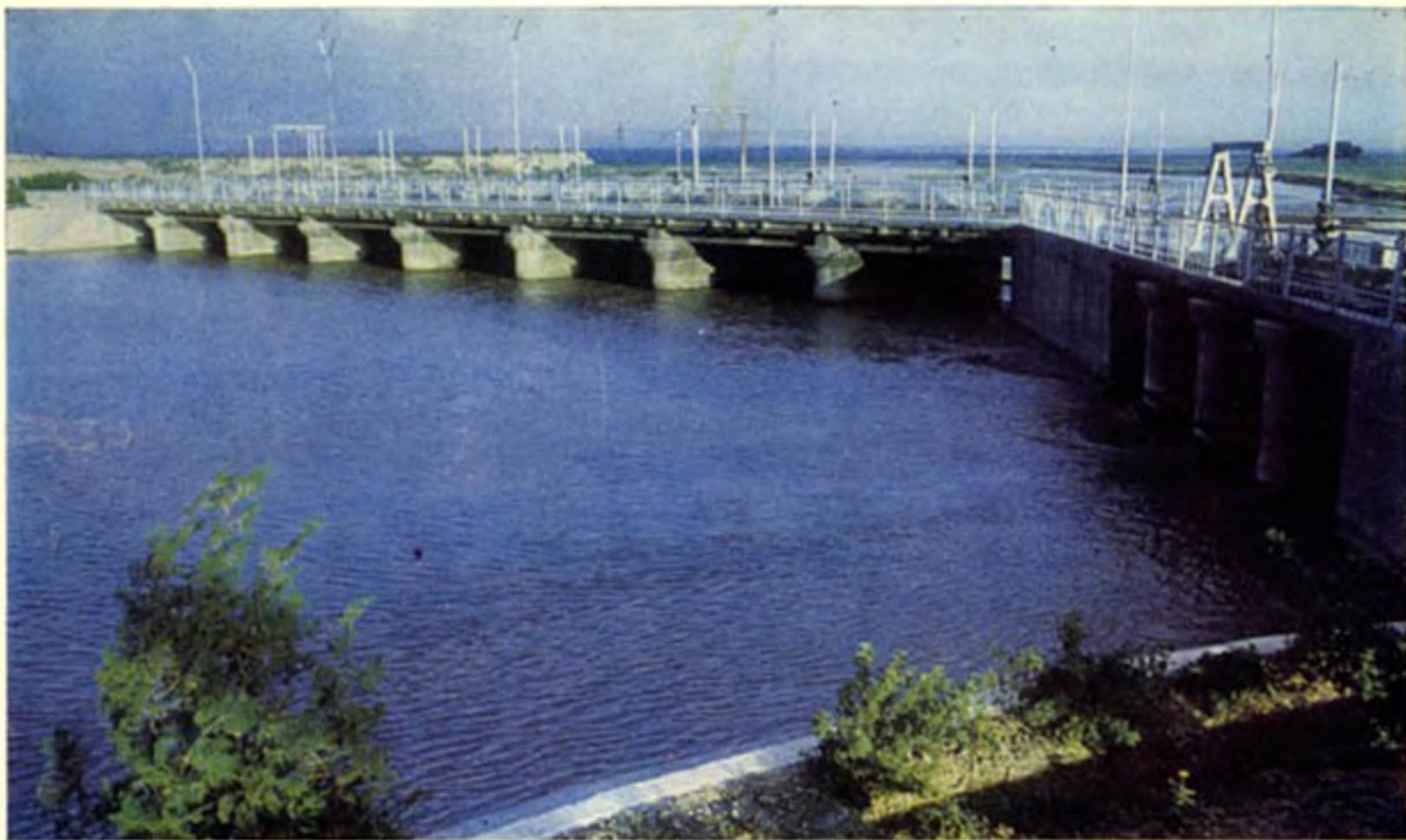
Временные насосные станции на КМК для наполнения Талнчарджанского водохранилища: вдали — 20 НП—1,4 (20 м³/с), на переднем плане — девять капсульных насосов (45 м³/с)

Канал, сбрасывающий воду в водохранилище: работают НП—1,4, один капсульный насос 5 м³/с.





Южносурханское водохранилище. Сурхандарьинская область



Заповедная водозаборная плотина на р. Сурхандарье



Южносурханское водохранилище. Сурхандарьинская область.



Нурекская ГЭС на р. Вахше. Таджикистан 1978 г.



Для выяснения развития дефектов лотков, что может привести к их разрушению (коррозия арматуры, образование трещин), в 1969 г. Голодностенстрой проводил наблюдения за развитием деформации на двух каналах-лотках из бетона 200: в совхозе № 6 со сроком эксплуатации 8 лет и № 11 — 2 года. Каждый лоток был детально обследован, взяты на учет микротрещины, трещины и оголения (обведены краской все повреждения). Выявлено, что на лотках, не имевших трещин, при установке новых трещин не обнаружено. За вегетацию удлинилось всего 7 трещин в первом совхозе и 9 во втором. Дополнительной коррозии арматуры не наблюдалось. Однако микротрещины раскрылись и превратились в макротрещины.

При качественном монтаже лотковые каналы — достаточно долговечные конструкции со сроком службы, превышающим 50 лет.

На основе анализа данных по эксплуатации лотковых каналов в Голодной степи проведено сравнение экономической эффективности их применения. Стоимость эксплуатации лотков из бетона 200 составляет 6,35 руб. на 1 га, из 300 — 4,78. Для сравнения приведем расходы на эксплуатацию внутриотделенческой земляной сети в совхозе «Пахтаарал». В этом передовом хозяйстве старой зоны Голодной степи стоимость эксплуатации внутриотделенческой сети в 1967 г. составила 13 руб. 80 коп. на 1 га, в 1978 г. — 12 руб. 40 коп.

Стоимость лотковой сети на 1 га в среднем равна 200 руб., что на 150 руб. дороже земляной сети. Если считать эффективность применения лотков только на основании эксплуатационных затрат, то окупаемость при марке бетона 200 составляет 22 года, а при 300 — 18 лет. Отсутствие в системе водного хозяйства платы за воду не позволяет точно учесть эффективность от экономии воды.

Экономия 20% расходов воды (КПД земляной внутриотделенческой сети не превышает 75%, а лотков, как было указано, — 95%) при оросительной норме нетто 7000 м³/га составляет 1400 м³/га. В среднем по Средней Азии удельные капвложения на 1 м³ емкости водохранилища в год составляют 16 коп.

Таким образом, строительство лотковой сети, позволяющее сократить затраты воды на 1400 м³/га, эквивалентно затратам капиталовложений в 204 руб./га.

Кроме того, следует учесть увеличение дохода от сокращения потерь земли за счет увеличения КЗИ системы. На 1 га лотковой сети потери земли под лотками составляют 82 м², под земляными каналами 340 м², что уменьшает КЗИ на 2,5%. При производительности 1 га орошаемых земель в 800 руб. это дает дополнительную экономию затрат в 20 руб. на 1 га.

Существенный элемент экономии — снижение приходной статьи баланса воды при расчете дренажа, уменьшение дренажных модулей и интенсивности дренажа. Если общая сумма прихода воды на 1 га составляет 14 тыс. м³, то экономия воды на 1400 м³/га приведет к уменьшению необходимой интенсивности дренажа на 10%, или на 5 пог. м/га, т. е. экономии капвложений в 50 руб. на 1 га.

С учетом всего вышеназванного окупаемость лотков из бетона 200 составит 7 лет, а из 300 — 4 года.

Таким образом, применение лотков-каналов на оросительных системах обеспечивает повышение КПД внутрихозяйственных систем и сокращает эксплуатационные расходы на гектар орошения. Лотки из бетона 300 — достаточно долговечная конструкция.

Строительство каналов-лотков позволяет резко изменить характер и темпы работы по орошению земель за счет высокой степени индустриализации строительства и его комплексной механизации. Совершенствование монтажа должно идти за счет решительного перехода на свайные основания лотков.

Для использования преимуществ лотковой сети по повышению производительности на поливе необходимо дальнейшее совершенствование поливной техники (жесткие трубопроводы, поливные шланги), а также более широкое внедрение в сельхозпроизводство поперечной схемы орошения в сочетании с польвом по длинным бороздам при широких междурядьях (если это не вызывает резкого увеличения объема работ).

Основной способ полива в Средней Азии — поверхностный. Он, очевидно, сохранится и в будущем. Как установлено в результате районирования орошаемых и перспективных площадей орошения по способам и технике полива, 87,5% орошаемой территории Узбекистана целесообразно отнести под поверхностный полив и 12,5% — под дождевание. Закрытым оросительным системам (ЗОС) с поверхностным поливом будет принадлежать ведущее место.

ЗОС сооружаются в Узбекистане сравнительно недавно, с 1958 г., и площадь, обслуживаемая ими, не превышает 60—70 тыс. га. В Шерабадской степи (совхозы № 8, 9) они построены на площади около 9 тыс. га, в Голодной степи — до 30 тыс. га, в предгорьях Ферганской долины, в Андижанской и Наманганской областях — 7 тыс. га. Начато строительство систем трубчатого орошения в Ташкентской, Кашкадарьинской и других областях.

В Узбекистане ЗОС строятся самотечно-напорные, с механической подачей воды (насосная станция — закрытая сеть) и комбинированные (насосная станция — открытый канал — закрытая сеть).

Самотечно-напорные и комбинированные ЗОС применяются на землях с уклоном 0,003 и более. Наибольшее распространение такие системы получили в Голодной и Шерабадской степях. Как свидетельствуют технико-экономические расчеты, в Голодной степи при уклоне местности $> 0,0027$ строительство ЗОС выгоднее, чем открытой лотковой. В расчетах принято использование асбоцементных труб диаметром 0,546 м марки ВТ6 и лотков из бетона М 300.

Технико-экономические расчеты показывают, что при строительстве комбинированной самотечно-напорной системы иногда выгоднее закрытая сеть с механической подачей воды. Так, в совхозе «Фархад» в зоне М-3, где ук-

лоны в пределах 0,0055—0,0244, сооружена система распределительных трубопроводов с насосными станциями. В зоне командования Большого Наманганского канала и на адырах Андижанской области строятся системы с механической подачей воды и комбинированные. В колхозе им. Свердлова Наманганской области в течение нескольких лет эксплуатируется ЗОС с механической подачей воды в разветвленную сеть трубопроводов (рис. 24). Освоение адыров Андижанской области осуществляется, как правило, путем строительства комбинированных ЗОС с механическим подъемом воды.

Схема расположения трубопроводов в плане зависит от рельефа местности, технологической схемы полива, условий командования, водопроницаемости почвогрунтов и др. Для Голодной степи характерно большое расстояние между закрытыми трубопроводами: в совхозах «Фархад» и им. Мичурина в пределах 750—1650 м, на Юго-Восточном массиве — не более 800 м.

Закрытые системы Андижанской области также имеют различные схемы. На адырах со сложным пересеченным рельефом и большими уклонами — до 0,06 (Экинтеккинская и Асакинская системы) трубопроводы проложены по водоразделам, т. е. схема сети обусловлена рельефом. На адырах со спокойным рельефом расстояние между полевыми трубопроводами в плане составляет 150—250 м (Тешинкташская система), 200—300 м (Раншская система), 400 м (Тюямуюнская система).

В проектах ЗОС Андижанской области на самотечно-напорных трубопроводах предусмотрено устройство гасителей напора, так как в них имеется значительный избыточный напор. При марке труб ВТ6 и ВТ9 статический напор на участках, разделенных гасителем, как правило, не превышает 0,25—0,3 МПа.

ЗОС с механической подачей воды получают распространение для орошения земель



Рис. 24. Схемы закрытой оросительной сети с механической подачей воды в колхозе им. Свердлова Наманганской области (горизонталы проведены через 10 м).

со сложным рельефом местности. В мировой и отечественной практике такие системы имеют некоторые разновидности: например, насосная станция подает воду непосредственно в закрытую распределительную сеть или насосная станция подает воду в напорный резервуар, откуда она самотеком поступает в сеть. На Апшеронском полуострове в Азерб. ССР имеются ЗОС обоих типов.

Таблица 18

Технико-экономические показатели ЗОС Андижанской области (данные на 1.1 1973 г.)

Система	Площадь, га	Протяженность асбестоцементных труб (км по диаметрам, м)						Марка труб	Удельная протяженность труб в усл. м, м/га	Удельные капитальные вложения, руб/га
		0,1	0,125	0,231	0,279	0,368	1,467			
Экинтекинская	1507	22,9	87,7		4,5	1,11		BT-9	84,5	3140
Ассакишская	685	32,2	42,75						97,5	1790
Тешикташская	595		3,75	11,01	6,06			BT-6	37,5	2030
Раншская	520		15,27		3,7	6,96	2,57		76,2	1400
Карагунонская	512		9,94	11,71					39,1	1530
Тюямуюнская	220		5,71					BT-9	30,3	2860
Стрелковская	60		1,55						30,3	3770
Зауракская	42		1,7						46,3	6010*
Всего	4662	55,1	168,37	22,72	14,26	8,10	2,57		61,5	2090

* Больше затраты обусловлены в основном высокой стоимостью планировочных работ (11 тыс. м³/га).

Капитальные вложения в строительство таких систем в Узбекистане (табл. 18) в среднем (2090 руб/га) несколько выше, чем в стране. Так, для Бортнической системы (Украина) они равны 1468 руб/га, Запорожской — 1448, Апшеронской 1385—1773. Эксплуатационные затраты составляют на Фархадской системе в зоне М-2—50 руб/га, М-3—76,8, Бортнической — 79,6, Запорожской — 76,2, что значительно превышает показатели самотечно-напорных систем страны: на Верхне-Самгорской системе они составляют 16,5 руб/га, Салгирской — 25,2, Голодностепских — 8—23.

Так как ЗОС с механической подачей воды отличаются высокими капитальными и эксплуатационными затратами, при проектировании их необходимо проводить технико-экономические расчеты по выбору оптимального варианта. Одно из возможных направлений снижения затрат — проектирование ЗОС по оптимальным схемам.

Необходимо отметить, что закрытая сеть в нашей стране строится по разнообразным схемам: с тупиковыми трубопроводами и трубопроводами, закольцованными по 2, 3, 4 и со сплошным кольцеванием полевых трубопроводов. Исследования показали, что при сосредоточенном водозаборе можно рекомендовать только три первые из названных схем.

Широкое применение закрытых трубопроводов сдерживается отсутствием достаточного количества труб для орошения. На ЗОС Средней Азии подземные трубопроводы устраивают преимущественно из асбестоцементных труб. Согласно ГОСТу 539—73, трубы для напорных трубопроводов изготавливаются с расчетом рабочего давления 6, 9 и 12 кгс/см² (соответственно 0,6, 0,9 и 1,2 МПа). Асбесто-

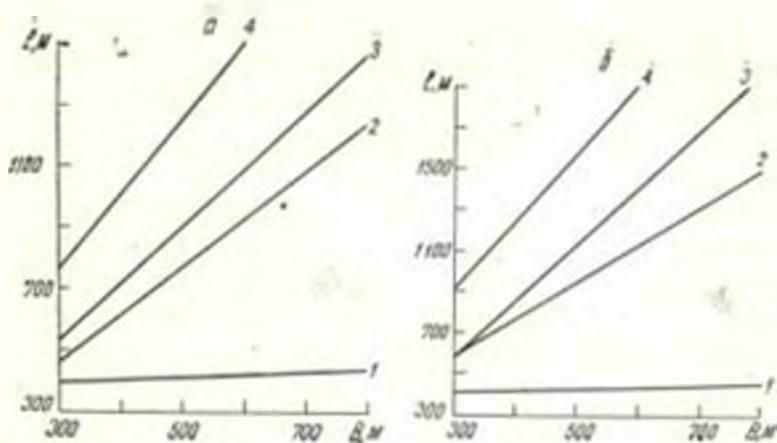


Рис. 25. Области применения схем расположения полевых асбестоцементных трубопроводов на закрытой оросительной системе с механической подачей воды:

а — при времени работы насосной станции в году 6 месяцев расходами: 1 — 50, 100, 200 л/с, 2 — 100, 3 — 200, 4 — 50; б — при времени работы насосной станции в году 4 месяца при тех же расходах (В — расстояние между трубопроводами, 1 — диаметр).

цементные трубы соединяются с помощью специальных муфт. В отечественной практике применяется в основном три вида муфт: асбестоцементные типа «Симплекс», САМ и чугунные типа «Жибо». Муфтовые соединения двух последних типов применяются для водоводов с рабочим давлением более 0,6 МПа (рис. 25).

Муфта «Симплекс», созданная в 1916 г., изготавливается из утолщенной асбестоцементной трубы. Герметичность соединения обеспечивается двумя резиновыми кольцами и замком из цементного раствора.

Чугунные муфты «Жибо» используются с середины прошлого столетия для соединения труб. Муфта состоит из двух фланцев, втулки, двух уплотняющих колец и стяжных болтов. Преимущество этого соединения состоит в том, что оно не требует столь высокой точности при обточке концов труб, как для муфты «Симплекс». Однако, как показал опыт, стальные стяжные болты под действием коррозии часто разрушаются, что требует ремонта.

ВНИИ ВОДГЕО и НИИ асбестоцемент разработали новый тип муфт — САМ (самоуплотняющиеся соединения). Герметичность в них достигается обжатием резиновых манжет при монтаже труб и дополнительным уплотнением их под действием гидродинамического давления потока внутри трубопровода.

Акмянский цементный завод к трубам ВТ6 и ВТ9 для диаметров 0,1, 0,15, 0,2, 0,3 м поставляет муфты САМ. Бекабадский цементный комбинат комплектует трубы ВТ9 диаметром 0,1—0,5 м муфтами «Жибо». Остальные заводы трубы ВТ6 и ВТ9 комплектуют муфтами «Симплекс». Трубы ВТ12 изготавливаются Вос-

кресенским комбинатом цементных изделий в комплекте с муфтами «Симплекс».

Признано, что в строительстве низконапорных трубопроводов при расчетном давлении до 0,25 МПа целесообразно применять пластмассовые трубы (полиэтиленовые, поливинилхлоридные и полипропиленовые). Наибольшее распространение получили трубы из полиэтилена низкой (ПНП) и высокой плотности (ПВП), изготавливаемые методом экструзии. Такие трубы по весу значительно меньше, чем из традиционных материалов. Так, 1 т полиэтиленовых труб легкого типа может заменить при равных условиях 5—6 т стальных труб. Сортимент полиэтиленовых труб пока ограничен: максимальный диаметр труб равен 0,3 м для давления 0,25 МПа, 0,2 м — для 0,6 МПа, 0,15 м — для 1 МПа. Промышленностью освоено производство труб из ПВП диаметром 0,35 и 0,4 м.

В связи с тем, что получение труб большого диаметра методом экструзии связано с технологическими трудностями, ведутся исследования по разработке иной технологии изготовления. ВНИИГиМ совместно с НИИ пластмасс разработал новый метод изготовления тонкостенных пластмассовых труб больших диаметров — метод намотки горячей экструдированной полиэтиленовой ленты на барабан. На экспериментальных установках в полупроизводственных условиях этим способом изготовлены трубы диаметром 0,4 и 0,6 м с рабочим давлением 0,3 МПа. По стоимости 1 м спиральнонавитые трубы в 2 раза дешевле, чем полученные методом экструзии. Соотношение затрат составляет на полиэтиленовые экструзионные 86,8%, на поливинилхлоридные — 81,1, на полиэтиленовые намотанные — 36,2% по сравнению со стальными

Полихлоратника гибкими шлангами.



электросварными. Приведенные данные свидетельствуют о том, что производство полиэтиленовых труб методом намотки можно считать самым дешевым. Этот метод освоен в опытно-производственном цехе ГСКБ по ирригации, где их производится 120—140 км в год.

В Узбекистане из полиэтиленовых труб диаметром 0,1—0,15 м производства Аханганского комбината строипластмасс строятся трубопроводы на адырах Анджанской области.

Возрастающая потребность в напорных трубах большого диаметра покрывалась за счет металлических и асбестоцементных труб. Опыт строительства водоводов в смежных с орошением отраслях (водоснабжение, канализация) показал, что в строительстве напорных водоводов успешно могут быть использованы железобетонные напорные трубы. Расход металла для изготовления железобетонных напорных труб составляет 10—20% массы металлических труб и 6—8% массы чугунных. Кроме того, эти трубы не поддаются коррозии, пропускная способность остается постоянной, срок службы достигает 70 лет и более, для их изготовления могут использоваться местные материалы, что значительно сократит транспортные расходы.

При укладке бетонной смеси в трубную опалубку используются центробежный, вибрируемый, вакуумированный и виброгидропрессованный способы.

Способ производства железобетонных напорных труб виброгидропрессованием на внутреннее давление до 1,5 МПа и более предложен французским инженером Э. Фрейссине в 1933 г. Он состоит из двух этапов: уплотнения загруженной в форму бетонной смеси вибрационными импульсами и последующего уплотнения прессованием путем передачи гидравлического давления на бетон со стороны сердечника формы. В 1938 г. В. В. Михайлов предложил новый метод виброгидропрессования, где для изготовления труб применялся очень жесткий бетон, позволяющий значительно сократить производственный процесс. Однако наибольшее распространение получил способ вибропрессования напорных труб, разработанный шведской фирмой «Сентаб пайн консорциум». Трубы этой фирмы получили признание во многих странах; достаточно сказать, что такие высокоразвитые страны, как СССР, ФРГ, Япония, Франция, Италия, и другие производят железобетонные напорные трубы по ее технологии.

В нашей стране из всего объема изготавливаемых железобетонных напорных труб около 90% составляют виброгидропрессованные. Эти

трубы являются объемнонапряженными конструкциями. Обжатие кольцевого сечения в них осуществляется предварительно напряженными продольными стержнями периодического профиля из высокопрочной проволоки диаметром 3—6 мм. Спиральное армирование выполняется также из высокопрочной проволоки диаметром 3—8 мм, уложенной непрерывными витками. Особенности конструкции этих труб — поперечное обжатие стенки трубы по всей высоте, большая плотность бетона и высокая точность геометрических размеров, калиброванность внутреннего диаметра раструба и наружного диаметра паза. Конфигурация концов труб и подвижность стыков дают возможность укладывать два звена под углом 0,8—1,8° в зависимости от их диаметра.

Виброгидропрессованные трубы диаметром 0,5—1,2 м изготавливаются в Узбекистане на Янгнерском комбинате железобетонных изделий, на Юмалакском комбинате, а также Тюябугузском заводе Минводхоза УзССР. Янгнерский завод налаживает также выпуск центрифугированных труб диаметром 400—1200 мм из армированного бетона для низконапорных оросителей. Себестоимость производства труб на разных заводах диаметром 0,5 м составляет от 6,12 до 9,93 руб/м, диаметром 0,9 м 15,60—17,51 и диаметром 1,2 и 24,3 — 29,44 руб/м.

Подземные трубопроводы ЗОС оборудуются различной арматурой. Часть арматуры (затворы, вентили, задвижки, клапаны) аналогична водопроводной, а гидранты-водовыпуски, гасители напора, регуляторы расхода и др. разработаны специально для оросительных систем. На ЗОС преобладают параллельные задвижки с выдвижным шпинделем. В них проход перекрывается двумя подвижно соединенными между собой шиберами, которые раздвигаются одним или двумя клиньями. Значительная часть трубопроводов Голодной степи в голове и концевой части снабжена такими задвижками. В совхозе «Фархад» параллельные задвижки диаметром 0,25 м установлены в конце трубопроводов и служат для промывки системы от наносов, а также для опорожнения после окончания вегетационного периода. На крупных трубопроводах устанавливаются задвижки большого диаметра, снабженные обводной линией (байпасом). Назначение байпаса — выравнивать давление в трубопроводе для быстрого и с меньшими усилиями открытия.

Гидранты-водовыпуски устанавливаются на закрытых трубопроводах для вывода воды на поверхность. На ЗОС Ферганской долины

гидранты армируются вентилями и пробковыми кранами промышленного изготовления. Вентили надежны в работе, ими легко регулируется величина прохода. Коэффициент сопротивления вентилей в 5—10 раз выше, чем у задвижек.

На трубопроводах ЗОС Голодной степи гидранты-водовыпуски имеют различные конструкции. В совхозе «Фархад», где впервые в УзССР построена ЗОС, они снабжены параллельными задвижками диаметром 0,4, 0,35, 0,3, 0,25 м.

Учитывая непригодность чугунных задвижек в качестве регулирующего органа гидрантов-водовыпусков (большая металлоемкость, отсутствие достаточной герметичности и т. д.), Средазгипроводхлопок разработал новую конструкцию, которая нашла широкое применение на ЗОС Голодной степи. Гидрант, оборудованный затвором клапанного типа, прост в изготовлении и эксплуатации, значительно легче задвижек. Для уменьшения усилий, прилагаемых к штурвалу затвора, ВНИИГиМ предложил новую конструкцию клапанного затвора, закрывающегося по направлению движения потока.

Закрытые оросительные трубопроводы наиболее перспективны с точки зрения возможности автоматизации водораспределения и водоподачи. Величина свободного напора на гидрантах и расход должны в течение полива поддерживаться в заданных пределах независимо от колебаний напора в трубопроводе.

В этих устройствах главный элемент — затвор. В известных конструкциях ВНИИГиМа и Средазгипроводхлопка, применяемых в ЗОС, затвор выполнен в виде дросселя. Как показал опыт, присутствие дросселя в потоке воды создает повышенное местное сопротивление, часто происходит его заклинивание водорослями.

Наиболее надежны в работе устройства с цилиндрическими затворами конструкции САННИРП. Такие затворы установлены и успешно эксплуатируются в автоматах расхода и горизонта воды. Эти же затворы (дроссельные и цилиндрические) применяются в гасителях напора, предназначенных для зонирования самотечно-напорных ЗОС.

Освоение новых земель в предгорьях, характеризующихся большими уклонами и сложным рельефом, сопровождается строительством сложной разветвленной сети трубопроводов. В таких сетях с тупиковыми отводами закрытие, открытие задвижек или отключение электроэнергии приводит к возникновению неустакновившегося потока (гидравлического удара) с резким изменением давления. В сис-

темах с механической подачей воды напорный трубопровод защищается обратными клапанами. В разветвленной сети трубопроводы оснащаются регуляторами напора и противоударной арматурой.

В разветвленной сети участие тупиковых отводов в процессе гидравлического удара приводит к многократному увеличению ударного давления. Это требует соответствующей прочности труб, установки гасителей гидравлического удара и соблюдения правил эксплуатации.

Исследования по разработке совершенных ЗОС ведутся по трем направлениям: совершенствование схем и конструкции сети, разработка отдельных видов арматуры, разработка совершенных систем дождевания и внутрпочвенного орошения на базе ЗОС.

Для аридной зоны разработаны методы технико-экономического расчета ЗОС самотечно-напорных и с механической (машинной) водоподачей непосредственно в сеть. Разработана методика выбора схем сети и доказано, что в ряде случаев кольцевые схемы сети экономически эффективны. Исследовано явление гидравлического удара в сложной сети и разработана методика расчета величины ударного давления, создаваемого закрытием задвижки. Установлено влияние схемы сети на ударное давление и экспериментально доказана эффективность схемы с кольцевыми отводами, которая в ряде случаев может противодействовать росту ударного давления так же, как гидрогазовые аккумуляторы в схеме с тупиковыми отводами. Разработана методика расчета труб на прочность и сделаны выводы о необходимости в расчетах труб учитывать схему сети.

Согласно специфическим требованиям орошаемого земледелия и технологии полива разработаны специальные типы сооружений, не имеющие аналога в водопроводной практике. К ним относятся затворы-автоматы для поддержания заданного уровня или расхода воды.

Впервые в стране на базе закрытой сети разработана совершенная оросительная система дождевания в предгорьях в условиях глубокого залегания уровня грунтовых вод. Эта система состоит из закрытой сети, вписанной в рельеф местности, открытых безуклонных оросителей и дождевальной машины ДДА-100М. В этой системе вода из трубопровода подается в открытый канал и режим работы машины имеет прямую связь с подачей воды благодаря установке на гидранте автомата горизонта.

На базе ЗОС будут создаваться автоматизированные системы орошения всеми способами, в том числе внутрипочвенным и дождеванием. В первую очередь предполагается создать такие системы в условиях предгорий с поливом дождеванием и внутрипочвенным. Такой выбор не случаен, он обосновывается существенными недостатками поверхностного полива — большим сбросом и смывом почвы. К тому же в этих системах поливные устройства (дождевальные насадки и подземные увлажнители) стационарные, а технология включения и выключения их гидроразрывными клапанами хорошо разработана.

Для автоматизации поверхностного полива

можно применять систему Шарова — Шейкина, где используется электро-гидравлический принцип распределения воды между поливными трубопроводами.

Таким образом, перспективы строительства ЗОС требуют увеличения объема производства труб из различных материалов, разработки конструкций трубопроводной арматуры разного назначения и ее серийного выпуска. Для надежной эксплуатации закрытой сети необходимо иметь технически оснащенные подразделения по ремонту и надзору за состоянием сети, а в областных центрах — базы или заводы по ремонту специальной арматуры и измерительной аппаратуры.

Водомеры и автоматы — технические средства измерения, учета и регулирования воды на ирригационных системах и основа автоматизации и телемеханизации водораспределения. Основные задачи эксплуатационной службы оросительных систем, в частности эксплуатационной гидрометрии, — учет и регулирование воды при ее заборе и распределении на системах согласно планам водопользования. Кроме этого, в задачи гидрометрии входит установление водных запасов основных и дополнительных источников орошения, представление данных для составления водных балансов, определение КПД каналов, участков и систем, обеспечение правильной технической эксплуатации каналов и сооружений.

До Октябрьской революции на ирригационных системах Средней Азии учет воды не проводился. Гидрометрия заключалась в стационарных наблюдениях за режимом основных источников питания на опорных гидрометрических станциях. Организация этих наблюдений была вызвана необходимостью улучшения и развития оросительных систем и ставила целью получение основных расчетных данных для проектов орошения земель.

Гидрометрические работы велись на станциях и постах, подчиненных Гидрометрической части Туркестанского края, находящейся в ведении Управления земледелия и государственных имуществ края. Некоторую практику учета воды малых водотоков имели организованные до революции опытные станции, изучающие технику полива, нормы орошения, где применялись водомерные водосливы. Развитие гидрометрии, внедрение водомерных устройств в республиках Средней Азии, в том числе в Узбекистане, стало возможным благодаря содружеству науки и производства, в результате которого была создана новая отраслевая гидрометрия — эксплуатационная гидрометрия в ирригации.

Вопросами гидрометрии занимался в ОИИВХ отдел опорной сети; в его задачи входили восстановление гидрометрических станций и постов, организация новых станций, разработка методики наблюдений и осуществление производства гидрометрических работ.

За 1925—1929 гг. в результате целенаправленной деятельности отдела было разработано и издано учебное и практическое руководство по гидрометрии (автор В. И. Владычанский), разработана и издана инструкция по производству работ на гидрометрических станциях (автор В. П. Ярцев), создана первая отечественная гидрометрическая вертушка ИВХ, организована тарифовочная станция с мастерскими по ремонту и изготовлению вертушек.

Вопросы учета воды на каналах ирригационных систем начали разрабатываться в опытно-оросительном отделе института (Н. А. Янишевский), широко развернувшись в то время изучение фактического гидромодуля и методов водопользования.

Внедрение новых социалистических методов ведения орошаемого хозяйства выдвинуло задачу обеспечения систем средствами учета воды (водомерными устройствами). Для начала были рекомендованы средства, используемые в иностранной практике: водосливы Чиолетти, лотки Паршала. Проподимые отделом исследования позволили разработать метод полевой тарифовки гидротехнических сооружений.

Накопленный к началу 30-х годов опыт эксплуатационной гидрометрии в условиях планового водопользования потребовал рационального использования оросительной воды, причем выдвинул к средствам учета воды следующие основные требования: оперативность и простота учета, т. е. возможность срочного определения расходов воды без предварительных расчетов, допустимая погрешность $\pm 6\%$, простота и экономичность

конструкции, надежность работы водомерных устройств.

Новое направление в исследовательской работе по созданию водомерных сооружений и устройств особенно интенсивно стало развиваться в лаборатории ирригационных сооружений, которая с 1940 г. стала называться гидрометрической лабораторией. В ней начали также разрабатываться конструкции водомеров-автоматов, водоизмерительных приборов и датчиков уровней воды.

За 1935—1941 гг. были созданы и частично внедрены водомерные сходящиеся насадки (М. В. Бутырин), пропорциональный (суживающийся кверху) трапецидальный водослив (М. В. Бутырин), трубчатый и открытый водомерные выпуски с насадком (М. В. Бутырин), водовыпуск-водомер по типу лотка Паршала (Н. С. Шикин), пружинный водомер-автомат постоянного расхода (М. В. Бутырин), водомер-автомат с вращающимся щитом (А. М. Каграманов, М. В. Бутырин).

Водомерные сооружения еще до войны получили в Узбекистане широкое применение на оросительных системах; водомеры-автоматы развития тогда еще не получили.

После войны широко развернулись научные исследования по разработке средств учета и регулирования воды, начались работы по автоматизации и телемеханизации водораспределения, причем учитывались новые требования, связанные с техническим прогрессом: автоматизация учета воды, удобство установки, проверки и ремонта измерительных приборов и телемеханической аппаратуры; кроме того, массовые сооружения должны были быть типовыми с возможностью изготовления в мастерских, на заводах, полигонах и т. д.

За это время были созданы следующие водомеры: трубчатые и открытые регуляторы с водомерными приставками на входе (В. Е. Краснов), трубчатые регуляторы (водовыпуски) с водомерными устройствами на выходе: с кольцом, Вентури, боковым цилиндром (Д. П. Колодкевич, М. В. Бутырин, В. Е. Старковская), водомерные лотки (В. Н. Ярцев), водомерные пороги (М. В. Бутырин), водомерное устройство в виде боковой сегментной диафрагмы для напорных трубопроводов (М. П. Сальников); следующие водоизмерительные приборы: лимниграф-расходограф (А. В. Соколов), динамический расходоуказатель ДРС-60 (Д. П. Колодкевич и В. Е. Краснов), роторный счетчик-водомер СВН-56 (Ф. А. Никитина); следующие вододействующие автоматы: пружинные автоматы постоянного расхода (М. В. Бутырин, Б. Т. Тишабаев), затворы-

автоматы постоянного расхода с наклонными козырьками (И. Б. Хамадов, А. А. Гартунг, Л. С. Литвак, Л. А. Ом), водомеры-автоматы постоянного расхода в виде водослива, перемещающегося в вертикальных пазах с помощью поплавков (И. А. Алиев), затворы-регуляторы верхнего бьефа системы Финке (исследование Ф. А. Никитина, А. А. Гартунга), сегментные затворы-автоматы верхнего бьефа с поплавком на обшивке (исследование А. А. Гартунга, конструкция Средазгипроводхлопка), сегментные затворы-автоматы верхнего и нижнего бьефов или двойного действия с поплавком в боковом колодце (А. А. Гартунг), поплавковые автоматические водовыпуски (гидранты) из напорных оросительных трубопроводов (М. П. Сальников); сегментные затворы-автоматы с емкостями (Э. Э. Пеплова), поплавковые устройства в боковых камерах к сегментному затвору, стабилизирующие уровень воды в верхнем бьефе (Т. И. Мамышев).

Кроме того, были разработаны способы тарировки гидротехнических сооружений и приспособления для учета воды (В. Н. Ярцев, М. В. Бутырин).

Все перечисленные водомерные устройства, сооружения, приборы и автоматы, а также поплавковый указатель расхода ВПГ-54, предложенный и разработанный специально для водомерных насадков К. С. Глубишвым в Краснодаркрайводхозе, получили апробацию и применение в первую очередь в УзССР.

Постепенно совершенствовался русловой способ учета воды на гидрометрических постах. Появились гидропосты с фиксированным руслом, дистанционные гидрометрические установки ГР-70 (изготавливаются на Ташкентском заводе «Гидрометприбор»), типовые гидрометрические мостики, будки-колодцы для самописцев и датчиков. В 1973 г. М. В. Бутырин и И. Б. Хамадов усовершенствовали и апробировали предложенный еще в конце 40-х годов В. Н. Ярцевым способ для учета воды на гидропостах открытых каналов с подпорно-переменным режимом потока. Данный способ также может быть использован для срочного (быстрого) измерения и определения расхода воды на открытых каналах.

В 1973 г. предложен (И. Б. Хамадов, М. В. Бутырин, Д. Ш. Абдуллаев), исследован, разработан и внедрен (У. И. Хусанходжаев) водомерный порог с вырезной частью, у которого значительно расширен диапазон измеряемых расходов.

Охарактеризуем устройство, принцип действия разработанных и применяемых на оросительных системах УзССР средств учета и

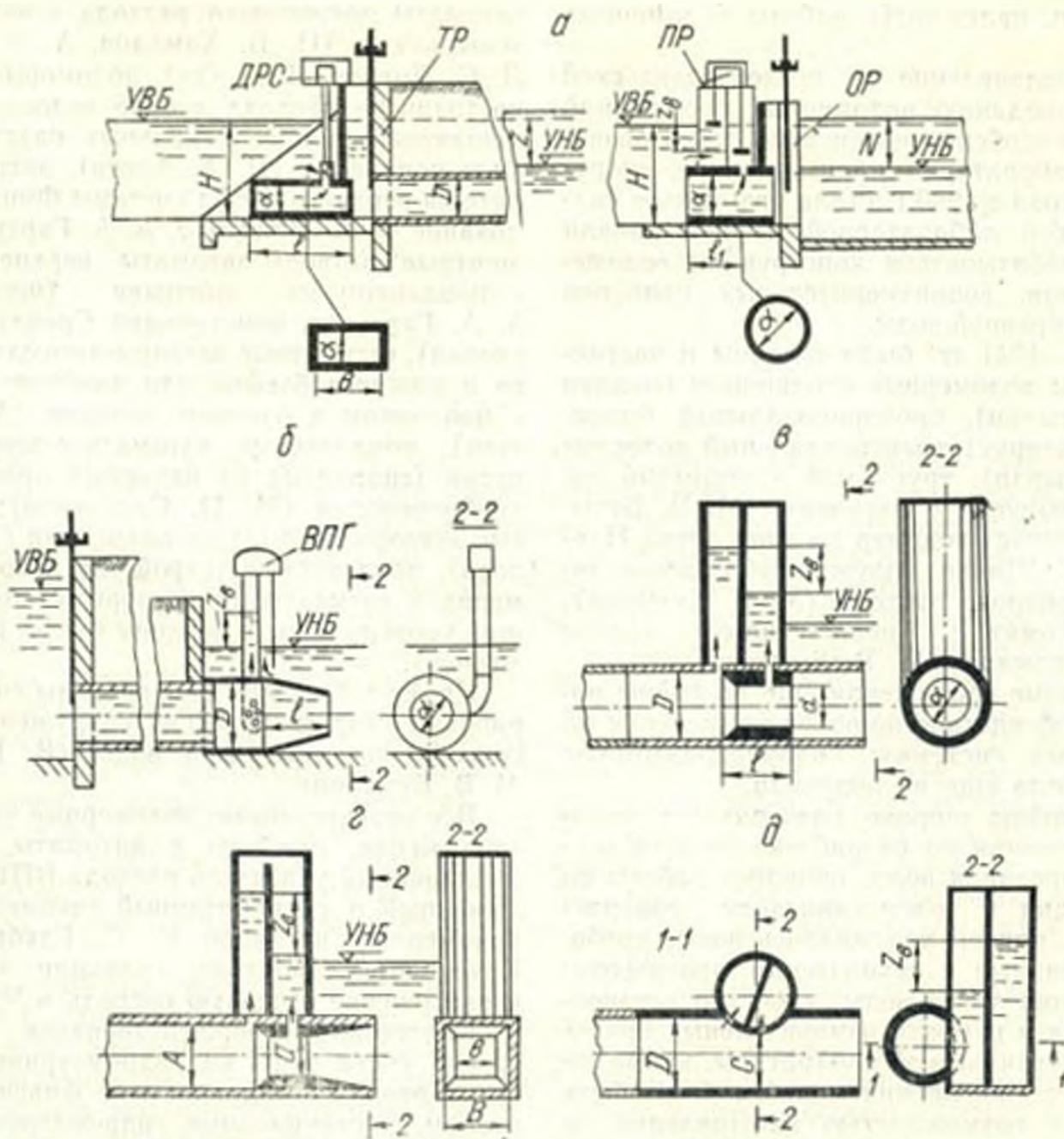


Рис. 26. Водомерные устройства регулирующих сооружений (водомеры-регуляторы):

а — водомерная приставка, б — сходящийся насадок, в — с козырьком, г — сужение тела Вентури, д — с боковым цилиндром ТР — трубчатый регулятор, ОР — открытый регулятор.

регулирования воды по принятой классификации.

Водомеры-регуляторы — гидротехнические сооружения, позволяющие учитывать и регулировать расходы воды. Регулирование производится посредством ручного или электрифицированного подъемника с затвором, а учет — специальным водомерным устройством в верхней или в нижней части сооружения.

Водомерные приставки (рис. 26, а) на входе трубчатых и открытых регуляторов в виде коротких труб довольно просто вписываются во входную (попурную) часть сооружения, имеют круглое или прямоугольное сечение, иногда в виде раструба. Весь поток благодаря вертикальной (забральной) стенке проходит через трубу-приставку в регулятор с затво-

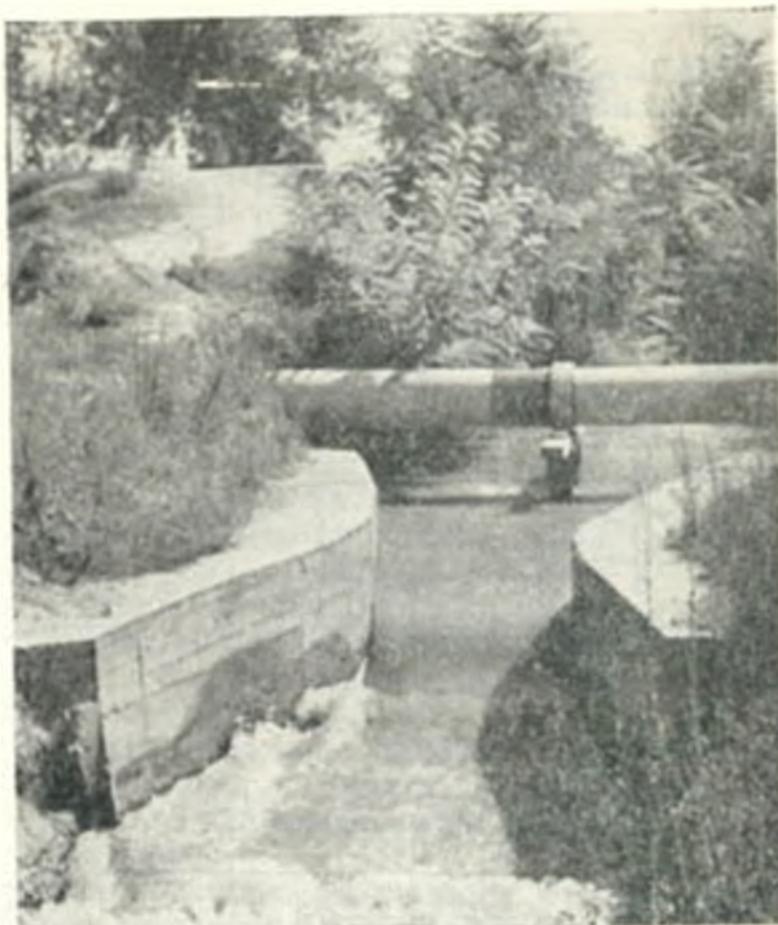
ром. Принцип действия заключается в создании разности давлений (уровней) воды между верхним бьефом и сечением в приставке на определенном расстоянии от начала. По этой разности однозначно определяется расход воды для данного размера (сечения) приставки.

Для автоматизации учета воды в основном применяются измерительные приборы типа динаметрического расходоуказателя САНИИРИ (ДРС). Прибор измеряет разность давлений и преобразует ее в угол поворота стрелки для указания расхода на циферблате.

Необходимое условие при применении водомерных приставок — затопление их минимальным уровнем воды в верхнем бьефе: режим потока в нижнем бьефе для приставок безразличен, что составляет основное достоин-



Водовыпуск с водомерной приставкой на канале им. Кирова.



Водомерный лоток Паршала — Вентури.

ство приставок, кроме того, они почти не уменьшают пропускную способность регулятора. Поэтому большее количество действующих сооружений переоборудованы в водомеры-регуляторы посредством приставок.

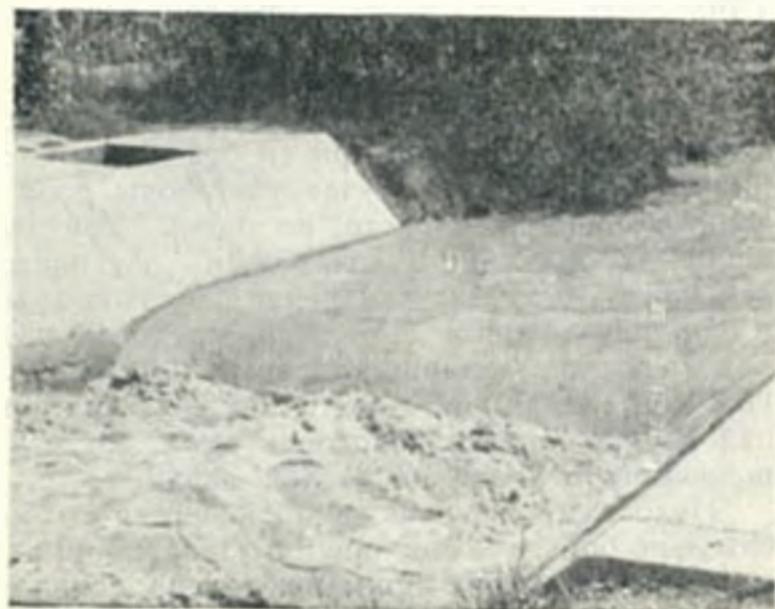
Водомерные устройства в выходной части трубчатых регуляторов (половыпусков) образуют трубчатые водомерные регуляторы, довольно разнообразные по конструкции. Наиболее широкое применение на оросительных системах получили следующие устройства: сходящий насадок (рис. 26, б), цилиндрическое кольцо (рис. 26, в), сужение типа Вентури (рис. 26, г), боковой цилиндр (рис. 26, д). Все они как сужающие элементы предназначены для образования разности (перепада) давлений в двух сечениях: для насадки до сужения и в нижнем бьефе, в остальных устройствах также до сужения и в самом

сужении. Таким образом, данные водомерные устройства, как и приставки, работают по принципу переменного перепада давлений, от которого однозначно записит расход воды. Для автоматизации учета воды могут применяться приборы типа ДРС или двухпоплавковые приборы, например, ВПГ-54.

Необходимое условие для применения водомерных устройств на выходе — затопление их минимальным уровнем воды с нижнего бьефа.

Водомерные сооружения транзитных расходов (рис. 27) — специальные средства, служащие только для учета проходящего водотока. К ним относятся водомерный порог САННИРИ — ВПС (рис. 27, а), представляющий собой водосливный порог с наклонной (пологой) частью, который встроен в бетонированный трапециевидный участок канала. Его достоинство заключается в свободном пропуске наносов (гребень порога всегда остается чистым) и в однозначной зависимости расхода Q от напора H_n над порогом при значительном подтоплении с нижнего бьефа (допускается относительное подтопление h_n/H_n до 0,80). Учет воды производится по рейке, установленной в начале порога; для автоматизации могут быть использованы самописец или датчик уровня воды, установленные в будке-колодце.

Водомерный порог САННИРИ.



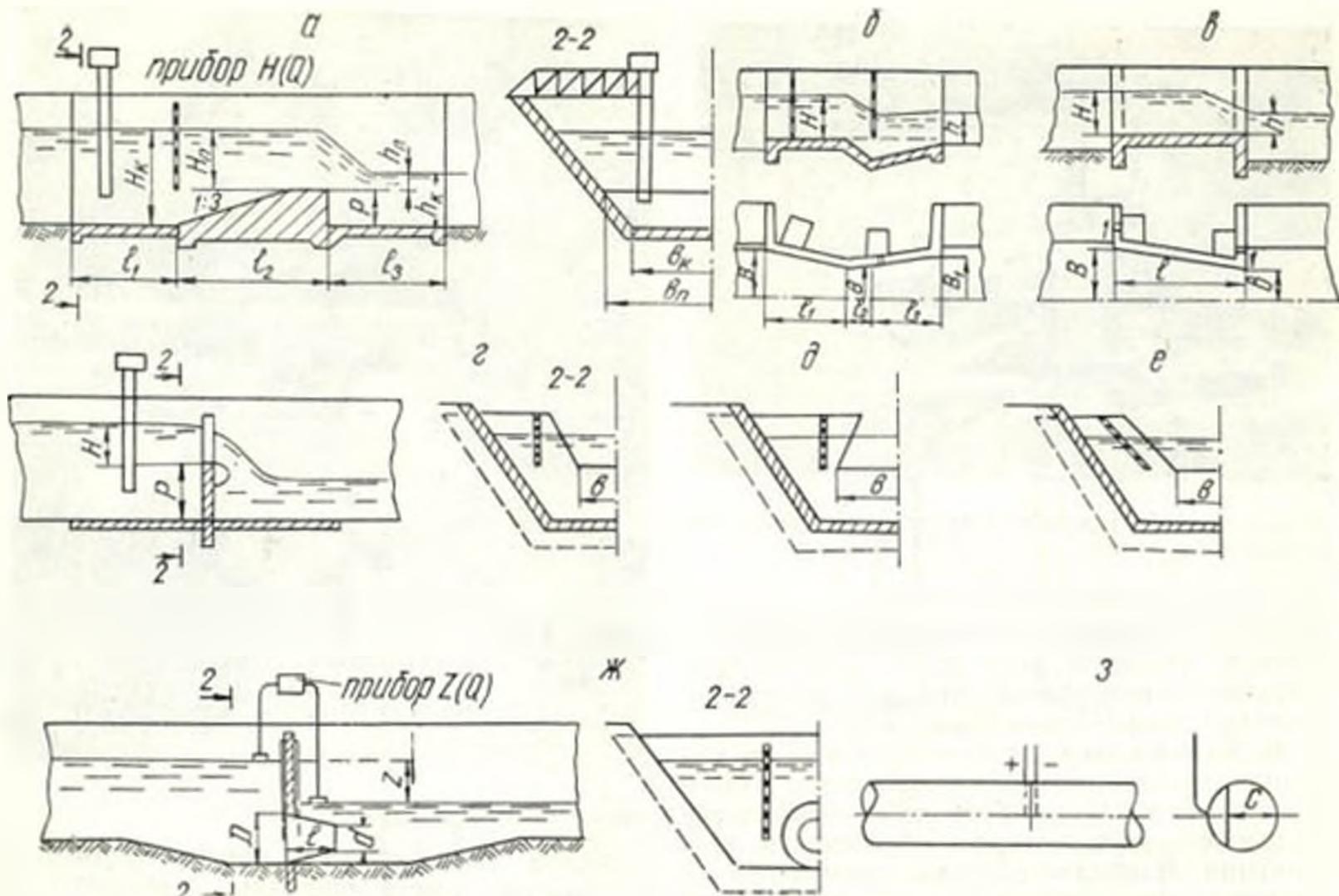


Рис. 27. Водомерные устройства транзитных расходов:

а — водомерный порог, б — лоток Паршалла, в — водомерный лоток САНИИРИ, г — водослив Чиполетти, д — водомерно-наильный водослив, е — водослив Иванова, ж — насадин, з — боковая диафрагма.

К ним также относится водомерный лоток Вентури — Паршалла (рис. 27, б). Он имеет довольно сложное очертание в плане и разрезе, но хорошо пропускает наносы. Может работать как при свободном ($h:H < 0,70$), так и затопленном ($h:H > 0,70$, но не более 0,9) истечении. В первом случае расход воды определяется по одной верхней рейке H_v , во втором — по двум рейкам, верхней H_v и нижней H_n .

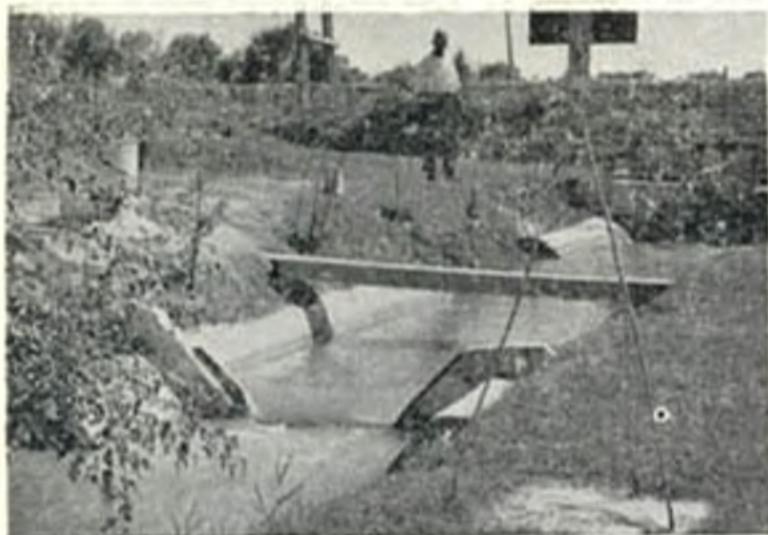
Для быстрого определения расхода имеются таблицы расходов в зависимости от H_v или от H_v и H_n . Автоматизация учета воды осуществляется более просто в случае свободного истечения посредством установки в верхнем колодце прибора (самописца, датчика).

К водомерным сооружениям относится также водомерный лоток САНИИРИ. Это, по существу, тот же лоток Паршалла, только в упрощенном виде, оставлена передняя сходящая часть. Учет воды, как и у предыдущего, производится по одной или двум рейкам, однако свободное истечение считается только

до $h:H < 0,2$, что является существенным недостатком этих лотков.

Измерительные водосливы в зависимости от формы трапециевидного выреза в тонкой, перегородивающей русло канала стенке бывают с боковыми откосами 1:4 (Чиполетти, рис. 27, г), пропорциональные с обратными откосами 1:3 (М. В. Бутырни, рис. 27, д), одиночными откосами 1:1 (А. И. Иванов, рис. 27, е). Водосливы в основном рекомендуются при свободном истечении ($h < p$). В этом случае учет воды производится наиболее просто, по одной верхней рейке, которая часто делается в расходных делениях. Возможно измерение расходов воды и при затопленном истечении, но тогда вводятся соответствующие поправки: у водослива Иванова, например, имеется нижняя расходная рейка, показания которой вычитаются из показаний верхней расходной рейки.

Недостаток водосливов заключается в относительно большом подпоре и в задержании наносов, поэтому они применяются на каналах



Измерительный водослив Иваново.

с большими уклонами и малым содержанием наносов.

Водомерные сходящиеся насадки САНИИРИ могут быть круглого и прямоугольного сечения. Весь поток проходит через затопленный насадок, при этом образуется разность уровней воды z , по которой посредством реек или дифференциального прибора, например ВПГ-54, определяется расход воды. Водомерные насадки рекомендуются для небольших каналов (до $1 \text{ м}^3/\text{с}$) с малыми уклонами.

Водомерное устройство с боковой диафрагмой (рис. 27,з) предназначено для напорных трубопроводов. Достоинство этого устройства заключается в свободном пропуске наносов и меньшей засоряемости импульсных трубок. Учет воды осуществляется известными приборами — дифманометрами, выпускаемыми нашей промышленностью. Сама диафрагма создает перепад давлений, от которого зависит расход воды. Перепад через импульсные трубки (+, —) воспринимается и преобразуется в расход воды или сток.

К градуированным (тарированным) гидротехническим сооружениям относятся действующие на ирригационных системах сооружения: регулирующие, сбросные, перегораживающие, перепады, быстротоки и другие, в которых путем градуировки (тарировки) устанавливаются зависимости расхода воды от 1—3 переменных величин (напоров воды, открытий затвора).

Для учета расходов воды составляются таблицы и графики, а сами сооружения оборудуются рейками и измерителями уровней воды и открытий затворов.

Русловые гидрометрические посты — это прямые участки каналов, обо-

рудованные рабочим гидрометрическим стабром (мостик, лодочная или паровая переправа) и уровнемерным устройством (рейка, самописец уровня, датчик уровня).

На гидрометрическом створе периодические измерения расходов производятся вертушкой для установления и контроля зависимости расхода от уровня воды $Q=f(H)$. Систематический (ежедневный) учет воды осуществляется согласно наблюдениям по уровнемерному устройству по зависимости $Q=f(H)$. Гидрометрические посты очень распространены, так как по устройству и оборудованию они весьма просты и экономичны. Однако из-за неустойчивости русла (размыв, заиление) однозначная зависимость $Q=f(H)$ нарушается и приходится вводить поправки на основании контрольных замеров. Широко распространены гидрометрические посты с фиксированным руслом.

Водоучитывающие приборы применяются на упомянутых водомерных сооружениях и устройствах для механизации и автоматизации учета воды.

Для водомеров-регуляторов и водомерных устройств, расход которых зависит от разности уровней или давлений воды, т. е. $Q=f(z)$, используются следующие приборы:

динамический расходоуказатель САНИИРИ ДРС-60, который имеет чувствительный элемент в виде свободно подвешенного к тросу и пружине поршня, воспринимающего перепад давлений воды, создаваемый водомерным устройством; расход указывается стрелкой на предварительно отградуированном циферблате; достоинство ДРС состоит в том, что он позволяет обойтись без колодца или ограни-

Гидрометрический пост с фиксированным руслом.



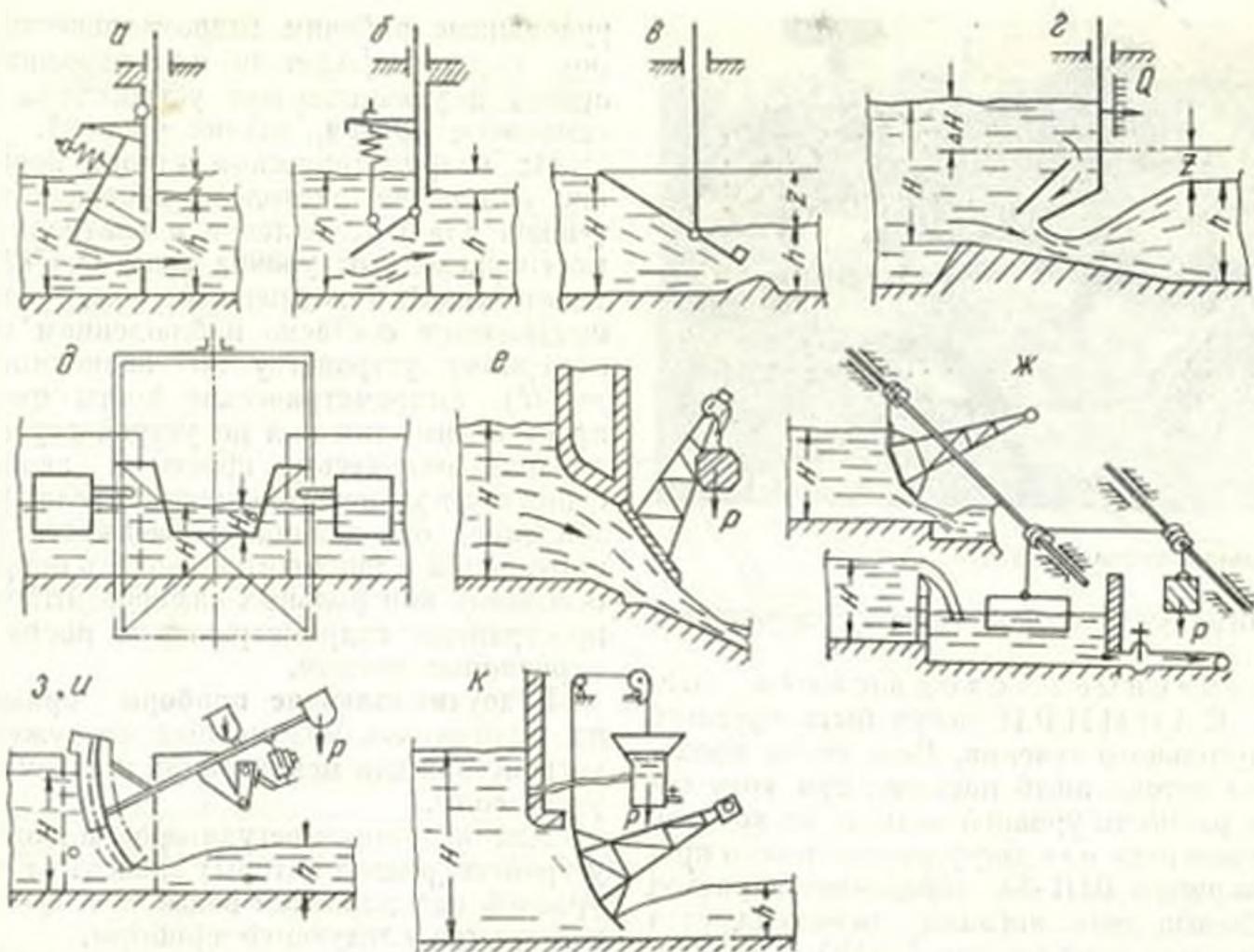


Рис. 28. Автоматы расхода и уровней воды:

а — ПАР с регулирующим телом, б — ПАР с выравнивающим щитком, в — автомат с вращающимся щитом, г — с наклонным щитком, д — автомат Алиева, е — автомат верхнего уровня, ж — автомат Маммиева, з, и — сегментный автомат, к — автомат Певлева

читься одним колодцем. Имеется также вариант прибора с самописцем ДРС-66;

датчик расхода воды системы приборов «Ташкент»; по принципу действия подобен предыдущему, отличается лишь конструктивно; к прибору имеются телеизмерительные и регулирующие приставки;

ирригационный датчик расхода системы приборов «Баку»; этот прибор для восприятия перепада давлений имеет два поплавка и, следовательно, на водомерном сооружении нужно иметь два колодца; ДРИ имеет указатель расхода и цифровой счетчик воды (стока);

датчик перепада уровней ДПУ-1;

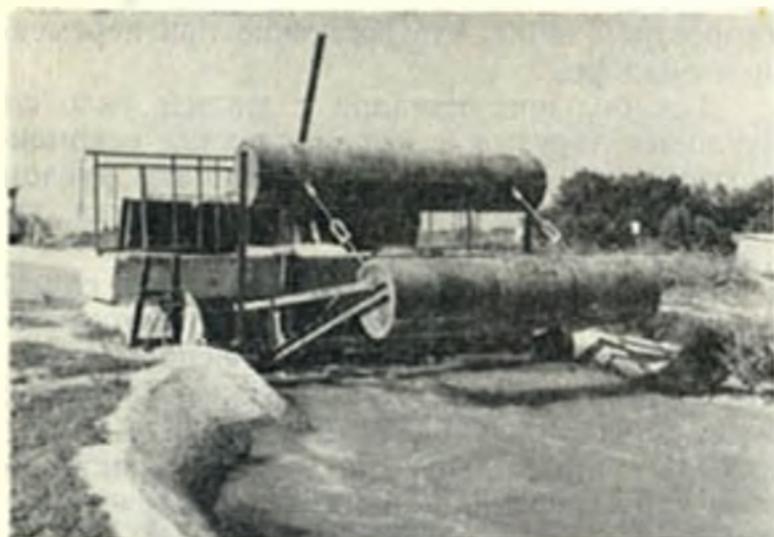
водомер-полуавтомат Глубишена ВПГ-54, двухпоплавковый прибор с указателем расхода на циферблате.

Для транзитных водомерных сооружений, расход у которых зависит от напора (глубины) воды, т. е. $Q=f(H)$, применяется лимниграф-расходограф САНИИРИ, он предназначен для непрерывной записи уровня при его изменении от 0 до 75 см (малый шкиф) и от 0 до 150 (большой шкиф). Часовой механизм пятисуточный. Лента для лимниграммы рассчитана на 1 месяц. Особенность этого при-

бора заключается в конструкции червяка-пружинки, позволяющей отрегулировать ее на запись непосредственно расхода воды. Кроме того, для этих целей используется самописец «Валдай», он регистрирует колебания уровня с амплитудой от 0 до 6 м, имеет завод часового механизма на 26 часов, ленту следует менять ежедневно; а также самописец ГР-38, многосуточный.

К автоматам расхода и уровней воды относятся (рис. 28) устройства, автоматически стабилизирующие (поддерживающие постоянными) расход или уровень воды. Автоматы по виду используемой энергии делятся на гидравлические (вододействующие), электромеханические, гидропневматические и другие. По назначению они подразделяются на автоматы постоянного расхода и автоматы постоянных уровней воды.

Автоматы постоянного расхода позволяют одновременно учитывать количество воды без приборов, поэтому их еще называют водомерами-автоматами. К ним относятся пружинный автомат расхода ПАР (рис. 28, а б), у которого постоянство расхода обеспечивается подпружиненным телом или щитком, изменя-



Сегментный затвор-автомат уровня воды.

ющим отверстие истечения воды обратно пропорционально разности уровней воды z . При необходимости ПАР можно отрегулировать на другой расход, изменяя высоту рабочего отверстия посредством подъемника.

В водомере-автомате с вращающимся щитом (рис. 28, в) принцип действия подобен предыдущему, но равновесие достигается за счет щита, вращающегося на горизонтальной оси. Уровень верхнего бьефа всегда следует за верхней кромкой щита, а уровень нижнего бьефа устанавливается на оси. На данном автомате несколько затруднена установка (регулирование) автомата на другой расход.

В затворе-автомате с наклонными козырьками РД (рис. 28, г) постоянство расхода достигается изменением гидравлических сопротивлений прямо пропорционально напору H при прохождении потока через отверстие с неподвижными наклонными козырьками. Достоинство заключается в отсутствии движущихся частей, но действие ограничено допустимым изменением напора H и перепадом, обеспечивающим незатопленное истечение.

В водомере-автомате водосливного типа (Алиев, рис. 28, д) постоянство расхода достигается обеспечением постоянной глубины слоя H_0 , переливающегося через водослив, который снабжен с обеих сторон поплавками. Сам водослив перемещается свободно в пазах рамы.

Среди автоматов постоянных уровней воды (рис. 28) имеются автоматы уровня верхнего бьефа, нижнего и смешанного действия, однако самыми распространенными являются автоматы верхнего бьефа. К ним относятся следующие:

затвор-автомат верхнего уровня системы М. Ф. Финке (рис. 28, е); уровень воды в нижнем бьефе стабилизируется равновесным по-

ложением плоского клапана (щита), изменяющего отверстие пропорционально расходу воды; клапан вращается на верхней оси и уравновешен противовесом; действует только при свободном истечении из-под щита; регулировка на другой постоянный уровень затруднена;

сегментный затвор-автомат верхнего бьефа системы Т. И. Мамышева (рис. 28, ж); уровень воды в верхнем бьефе стабилизируется равновесным положением системы: поплавок, затвор, водосливные камеры;

сегментный затвор-автомат верхнего бьефа с поплавком на обшивке (рис. 28, з) и в боковом колодце (рис. 28, и); обычно устанавливается на лотковых параболических каналах; уровень стабилизируется равновесным положением затвора, поплавка и противовеса;

сегментный затвор-автомат с емкостью системы Э. Э. Пенлова (рис. 28, к); равновесное положение затвора достигается регулирующей емкостью.

На оросительных системах Узбекской ССР к 1976 г. действовал 10071 пункт водоучета, который по типам оборудования подразделяется на водосливы Чиолетти (797), водосливы Иванова (1016), водомерные лотки (2050), водомерные пороги САНИИРИ (150), водомерные насадки САНИИРИ (264), водомеры-водо выпуски (242), тарифованные сооружения (46), русловые гидрометрические посты (5365), на них 1148 оборудованы фиксированным руслом, 154 люльками, понтонами и лодками, 47 установками ГР-70, 14 сямописцами уровня.

Таким образом, количество водомерных сооружений, включая тарифованные, достигло 4565, т. е. 46% от общего количества пунктов учета.

Гидравлические автоматы расхода и уровня воды не нашли должного применения. На правобережном Зарафшанском канале использовались затворы-автоматы системы М. Ф. Финке, на лотковой сети Голодной степи — сегментные автоматические затворы. Другие типы автоматов применялись лишь для апробации.

С 70-х годов начаты исследования, проектирование и внедрение средств автоматизации и телемеханизации на отдельных объектах (Кировский канал, БФК и др.) и автоматизированной системы управления водохозяйственным комплексом оросительных систем долины р. Зарафшана. Это потребовало широкого применения современных средств водозмерения, отвечающих требованиям комплексной автоматизации. К таким средствам относятся водомерные пороги, фиксированные русла, во-

домеры-регуляторы, тарированные сооружения и др.

В САНИИРИ разработаны и предложены следующие водомерные сооружения и устройства для коллекторно-дренажной сети: фиксированное русло асимметричного сечения для открытых коллекторов, торцовый водослив для устьев дрен закрытого дренажа, П-образный насадок для устьев отводных труб вертикального дренажа. Учет воды у них легко автоматизируется по показанию одной величины: глубине или напору воды.

Совершенствуется способ измерения расхода воды на гидрометрических постах по одной

скоростной точке, что возможно при переменном подпоре.

Для больших каналов с малым уклоном (условия Хорезма и Каракалпакии) рекомендуются гидросты с фиксированным руслом симметричного и асимметричного сечения, тарированные сооружения.

В связи с введением метрологических служб в системе ММиВХ начата систематизация средств водоизмерения с составлением отраслевых стандартов и методических указаний; будет проводиться анализ и контроль их состояния. Все это должно обеспечить единство и точность измерений на оросительных системах.

Одна из основных задач в улучшении эксплуатации гидромелиоративных систем — перевод их на промышленную основу и управление ими с помощью современных методов и технических средств автоматики, телемеханики и вычислительной техники.

До недавнего времени методы эксплуатации ирригационных систем базировались только на ручном управлении объектами.

При сборе информации на сооружениях и постах, а также наблюдении за их состоянием линейным персоналом не достигалась точность и достоверность информации, а оперативность управления была недостаточной.

Централизация контроля и управления гидромелиоративными системами довольно эффективно решается с помощью средств телемеханики. Однако информация, поступающая в пункты управления, и выработка решений при управлении большими комплексами столь обширны и сложны, что требуются самые современные технические средства.

Автоматизация технологических процессов в гидромелиорации призвана обеспечить следующие основные технико-экономические решения: четкое оперативное водораспределение между потребителями, оптимальные режимы водопользования, сокращение потерь, перебора, дефицитов и сбросов оросительной воды, оптимальный водно-солевой и тепловой баланс на полях, заданный режим работы насосного оборудования, исполнительных механизмов, гидротехнических сооружений и поливной техники, повышение производительности и культуры труда. Все это будет способствовать экономии водных ресурсов, повышению КПД гидромелиоративных систем и получению высоких устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Гидромелиоративные системы обладают рядом специфических особенностей, в частности, рассредоточенностью объектов управле-

ния и контроля, подверженностью внешним атмосферным воздействиям, наличием в потоке наносов, мусора и шуги. В связи с этим средства автоматики и телемеханики, используемые в других отраслях народного хозяйства, как правило, не могут быть применены в гидромелиорации.

Неслучайно именно в Узбекистане, где земледелие невозможно без орошения, впервые в практике гидромелиорации страны начали проводиться работы по созданию и внедрению специальных технических средств автоматизированного контроля и управления оросительными системами.

ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ И ТЕЛЕМЕХАНИЗАЦИИ НА ОБЪЕКТАХ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА УЗБЕКИСТАНА

Автоматизация некоторых гидротехнических сооружений, а также попытки передачи на расстояние информации о горизонтах воды начаты еще в 30-х годах (гидравлические затворы-автоматы М. Ф. Финке, водомеры-автоматы М. В. Бутырина, дальнепередатчики уровня воды Д. П. Колодкевича, А. В. Соколова и др.). В 40-х годах М. Ф. Финке на правобережном канале плотины им. 1-го Мая в Самаркандской области автоматизировал около 40 гидротехнических сооружений, применив разработанные им оригинальные конструкции гидравлических затворов-автоматов. Это была, пожалуй, первая в стране попытка автоматизации магистрального канала, который явился прообразом современных систем каскадного регулирования. Большинство этих затворов-автоматов с успехом эксплуатируются до настоящего времени.

Планомерное внедрение автоматики в водное хозяйство республики следует отнести к 1954—1955 гг., когда в проектных и научно-исследовательских институтах были начаты

исследования и проектирование автоматизации ирригационных объектов.

В Энергетическом институте АН УзССР (ныне Институт энергетики и автоматики — ИЭИА) вопросами автоматизации головных водозаборных сооружений занимались М. Ю. Борухов и С. М. Тимофеев, разработавшие автоматические регуляторы уровня для Кампырраватского водного узла и головного сооружения канала Джун.

В Средазгипроводхлопке в 1954—1958 гг. был составлен проект телемеханизации сооружений Каттакурганского водохранилища.

В Узгипроводхозе в это же время были запроектированы автоматизация Кампырраватского водного узла, автоматизация сооружений на ПК 142 канала Дальварзин, автоматизация и телемеханизация канала Джун.

К началу автоматизации объектов водного хозяйства уже были автоматизированы гидротехнические сооружения и гидростанции на Чирчик-Бозсуйском водно-энергетическом тракте, внедрена диспетчерская централизация на железнодорожном транспорте. Поэтому на первых этапах научных исследований и проектирования телемеханизации были предприняты попытки использовать для ирригационных систем устройства телемеханики, предназначенные для других отраслей: ВРТ-53 для энергетики, устройство селекторной связи для железнодорожного транспорта (предложение И. А. Шароватова), ПЧДЦ-55 также для железнодорожного транспорта (предложение Г. М. Белнинского), и наряду с этим приступить к разработке новых устройств (Средазгипроводхлопок—И. Б. Чиж), (Узгипроводхоз—В. Э. Керро), (САНИИРИ—А. С. Старковский), (ИЭИА—В. И. Ус) и др. Одно из новых устройств было разработано и изготовлено в ИЭИА для первого участка канала Джун (главный инженер проекта А. А. Шмидт).

В результате научно-исследовательских работ по анализу примененных на канале Джун решений в ИЭИА созданы устройство телемеханики для управления вертикальным дренажем, установленное в совхозе «Каган» Бухарской области, и устройство телеизмерения для оросительных каналов — «Телерейка» (автор обоих устройств В. И. Ус).

Устройство «Телерейка» было передано в серийное производство на завод ирригационного приборостроения (ЗИПС), созданный на базе ремонтных мастерских ТашОблУОСа.

Лаборатория автоматики и гидрометрии САНИИРИ (зав. Д. П. Колодкевич) в 1957—1959 гг. выполнила работы по диспетчериза-

ции крупнейшего в республике Куйганьярского водного узла на р. Карадарье.

Были начаты работы по автоматизации и телемеханизации комплекса сооружений Каттакурганского водохранилища согласно проекту Средазгипроводхлопка. Устройство телемеханики для этого объекта типа ТРДС-И и приборы для измерения уровня, расхода и положения затвора были разработаны и изготовлены в организации Министерства газовой промышленности СССР — СКБ «Газприборавтоматика».

ММиВХ УзССР смонтировало несколько устройств «Телерейка» на канале Шахруд в Бухарской области, первом отделении БФК и других объектах.

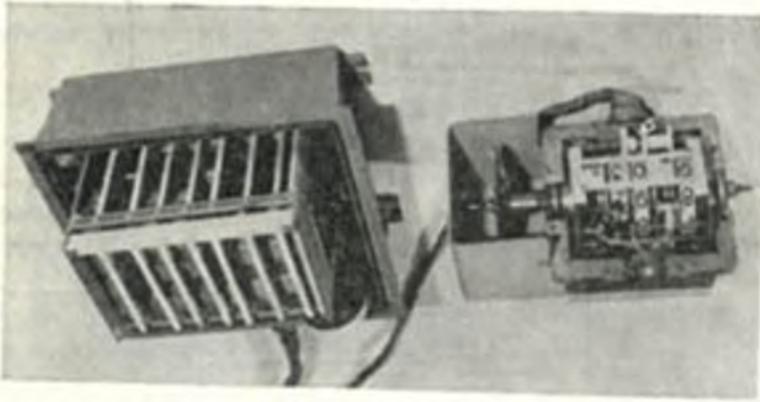
Многие проекты автоматизации и телемеханизации объектов и систем водного хозяйства были составлены в Узгипроводхозе — от электрификации и дистанционного управления на гидроузлах (ПК 142 канала Дальварзин) до телемеханизации крупных каналов (1-го отделения БФК и Ташсакинского), диспетчеризации управления сооружениями водохранилищ (Каркиданского, Пачкамарского), крупных гидроузлов (Нарынского, Шафирканского, Верхне-Чирчкского) и др.

Были разработаны проекты автоматизации системы для орошения земель совхоза «Фархад» с 13 насосными станциями, телемеханизации систем вертикального дренажа (на Шурузьякском массиве и в совхозе «Пахта-Арал») и на многих других объектах (рук. Л. М. Ярошецкий и В. Э. Керро).

Средазгипроводхлопком велось проектирование автоматизации гидротехнических сооружений и управления оросительными каналами в Голодной степи, был составлен проект телемеханизации канала им. Кирова и системы вертикального дренажа в совхозе «Дальварзин» № 1 и др. (рук. А. Р. Мансуров, Ю. В. Толстунов).

Таким образом, на ряде автоматизированных и телемеханизированных объектов представлялась возможность обучить эксплуатационный персонал, учесть и исключить на будущее некоторые недостатки проектов, апробировать технические решения.

Однако работы по автоматизации и телемеханизации объектов водного хозяйства велись сравнительно медленно. Это объяснялось отсутствием строительных и монтажно-наладочных организаций в системе ММиВХ, УзССР, серийных приборов и устройств автоматики и телемеханики, соответствующих технологий и требованиям водного хозяйства, недостатком квалифицированных специалистов по автоматике и т. д.



Кодовый преобразователь ССК—1 и датчике положения загора ДПМ—1



Метрологический стенд поверки показаний уровнемеров на ЦБ ЭСРПП — верхняя часть.

Практика внедрения устройств автоматизации и телемеханики на ирригационных системах показала, что объекты оказались еще не приспособленными к установке этих средств, поэтому при их автоматизации и телемеханизации требуется предварительно проводить большие работы по реконструкции гидротехнических сооружений, исполнительных механизмов, водомерных постов.

Создание и внедрение технических средств автоматизации. С 70-х годов усилия ММиВХ УзССР направлены на осуществление единой технической политики в области создания и внедрения средств автоматизации и телемеханики. С этой целью принят ряд мер по улучшению качества приборов и ускорению темпов их внедрения.

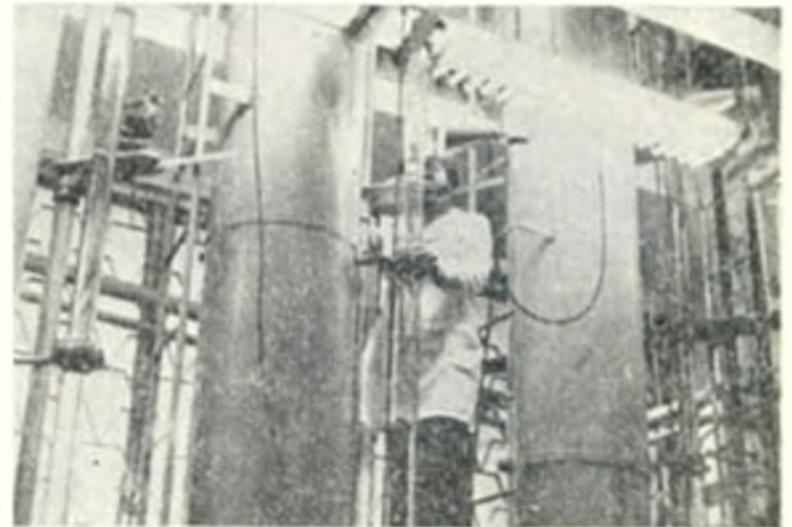
Создан или расширен ряд организаций и подразделений, выполняющих комплекс работ:

цех приборов автоматизации и телемеханики (1971 г.) в составе Центральной базы экспериментальных ремонтно-производственных предприятий (ЦБ ЭСРПП), им изготавлива-

ются опытные (установочные) партии и осуществляется серийное производство комплексов технических средств автоматизации;

проектное конструкторско-технологическое бюро «Узводприборавтоматика» (1973 г.), осуществляющее конструкторскую разработку, изготовление и проверку работоспособности в производственных условиях опытных комплексов технических средств автоматизации и телемеханики для ГМС по заданиям ММиВХ УзССР и других водохозяйственных организаций страны;

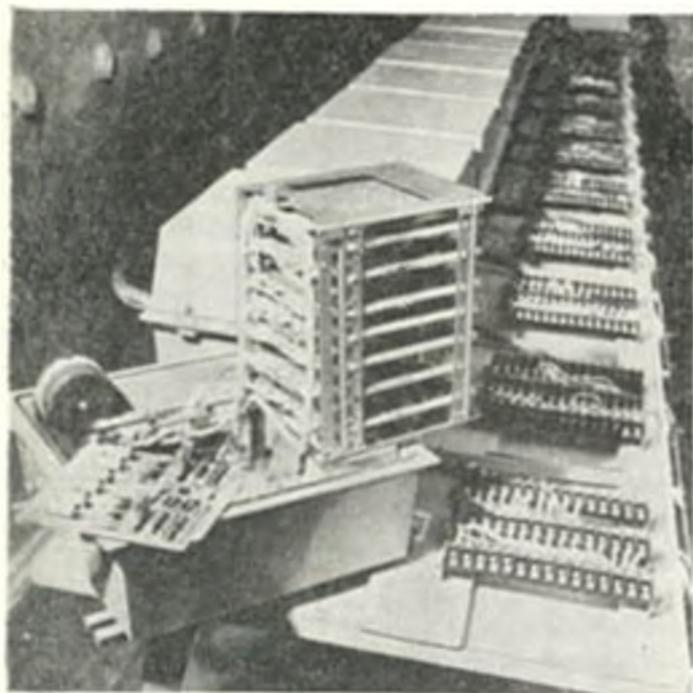
специализированное пуско-наладочное управление в составе треста «Водспецремонт» (1972 г.), осуществляющее монтаж, наладку аппаратуры и оборудования и ввод в эксплуатацию автоматизированных гидромелиоративных объектов, включая тарифовочные работы и организацию гидрометрии на гидротехнических сооружениях;



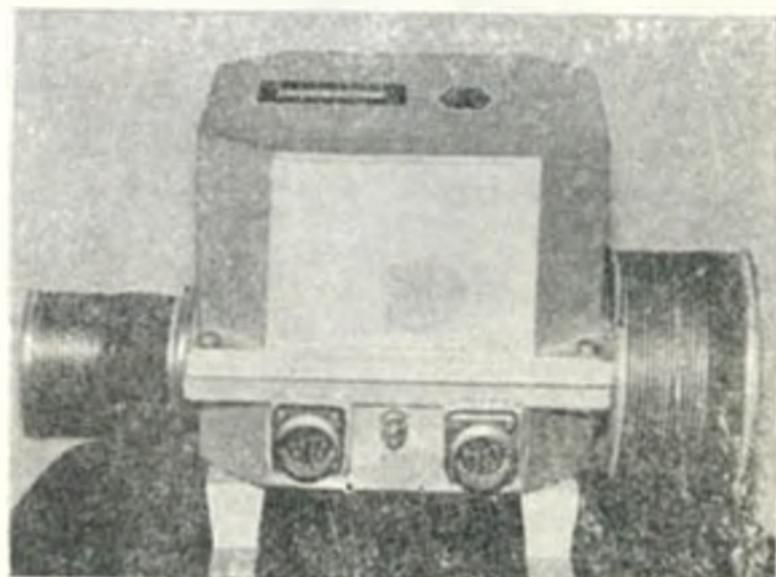
Метрологический стенд поверки показаний уровнемеров на ЦБ ЭСРПП — нижняя часть.

Пульт управления устройств телемеханики ПМ—72 на ЮФ.





Контролируемый пункт устройства телемеханики УТМ.
Датчик уровня ДУО-1.



Датчик уровня ДУУ-1 (ДУП-2).

Пульт управления и мнемодит устройства телемеханики УТМ



матики и телемеханики, ведущая подготовку специалистов в данной области.

Общее руководство, координацию и регулирование объемов, состава работ по созданию и внедрению автоматизированных ГМС в республике ММВХ проводит через главные управления (науки, эксплуатации, мелiorации, насосных станций и электрических сетей), а единую техническую политику — с 1976 г. через ПКТБ «Узводприборавтоматика».

В Главвередазирсовхозстрое при освоении новых земель работы по автоматизации ирригационных систем с каждым годом все более расширяются, а руководство ими осуществляется Управлением энергетикки, автоматикки и эксплуатации насосных станций.

Предлагаемые средства строятся на принципе агрегатизации, что позволяет создавать не отдельные приборы, а комплекс техниче-

специализированные управления по ремонту и техническому обслуживанию оборудования и установок электрических сетей, связи, автоматикки, телемеханики, электропривода гидротехнических сооружений и т. п. при областных управлениях оросительных систем;

в проектно-изыскательских институтах «Узгипроводхоз», «Ферганагипроводхоз» и «Самаркандгипроводхоз», а также в проектных группах облводхозов ведутся проектирование строительства и реконструкции гидромелиоративных систем и сооружений с автоматизацией основных технологических процессов.

Ташкентский институт ирригации и механизации сельского хозяйства готовит инженерные кадры по эксплуатации автоматизированных ГМС, а в Ташкентском гидромелиоративном техникуме создана кафедра авто-

Таблица 19

Технические средства автоматики и телемеханики, изготавливаемые в Узбекистане

Наименование	Тип	Разработчик*	Изготовитель*	Примечание
Устройство телемеханики	ТИМ-72	Головной завод п/о «Водремстроймаш» и ВНПО «Союзводоавтоматика»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
То же	«Темир-2М»	ПКТБ «Узводприборавтоматика»	ЦБ ЭСРП	
То же	УТМ	.	.	
Датчик уровня поплавковый	ДУО-1	.	.	
Датчик уровня воды	ДУП-2	СКБ «Газприборавтоматика» и «Средазгипроводхлопок»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
Датчик уровня	ДУЧ-1	СКБ «Газприборавтоматика» и «Азгипроводхоз»	и ЦБ ЭСРП	
Измерительный преобразователь (датчик) уровня	ДУБ-1	ПКТБ «Узводприборавтоматика»	ЦБ ЭСРП	
Датчик уровня воды	ДУУ-М	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
Датчик перепада уровней воды	ДПО-1	ПКТБ «Узводприборавтоматика»	ЦБ ЭСРП	
Измерительный преобразователь (датчик) перепада уровней	ДПУ-1	ПКТБ «Узводприборавтоматика», СКБ «Газприборавтоматика» и «Средазгипроводхлопок»	.	
Блок индикация перепада уровней воды	БИ-2	СКБ «Газприборавтоматика» и «Средазгипроводхлопок»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
Блок рассогласования	БР-2	.	.	
То же	БР-1	.	.	
Датчик положения исполнительного механизма	ДПМ-1	ПКТБ «Узводприборавтоматика»	ЦБ ЭСРП	
Измерительный преобразователь (датчик) положения затвора	ДПЗ	.	.	
Датчик положения затвора	ДПЗ	СКБ «Газприборавтоматика» и «Средазгипроводхлопок»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
То же	ДПЗ-М	ВНПО «Союзводоавтоматика»	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	
Прибор для измерения уровня воды в пьезометрических скважинах	УПС-1	Головной завод п/о «Водремстроймаш»	ЦБ ЭСРП	
Гидроавтоматы	ИОО	ПКТБ «Узводприборавтоматика»	.	
Устройство дистанционной передачи угла поворота вала	УПУ-1	.	.	Применяются с ДУО-1
Преобразователь стандартного токового сигнала в код	ПТК-1	.	.	
Комплекс обработки данных	КОД-1	.	.	Для сопряжения устройства телемеханики и вычислительно-управляющей техники
Станция управления электроприводом погружного насоса	ЯА-07 (СУ-02)	.	.	
Регулирующее устройство автоматическое (регулятор уровня)	РУА-1	.	.	
Датчик струи в системе технического водоснабжения насоса	ДСС-2	СЛНИИРИ	ЭПИ СЛНИИРИ	Изготавливаются по инд. заказам

Наименование	Тип	Разработчик*	Изготовитель*	Примечание
Датчик направления и расхода воды, тепловой Система радиотелемеханики для управления скважинами вертикального дренажа	ДНРТС-1 СРТМ-САНИИРИ	.	Годонкой за од п/о „Водремстроймаш“	Опытно-экспериментальные образцы

* И. Б. Хамъядов, А. Р. Мансуров, С. Г. Журавлев. Краткие технические характеристики средства учета и распределения воды для автоматизированных оросительных систем. Ташкент, 1975.

ских средств для автоматизации мелноративных систем (КТС АМС). Все средства автоматизации и телемеханики отвечают отраслевым и общим техническим требованиям. Уделяется должное внимание унификации и стандартизации принципиальных и конструкторских решений приборов. С этой целью принята единая конструктивная основа для пультов управления различных устройств телемеханики и для контейнеров, содержащих электронные блоки, устанавливаемых на сооружениях. Так, в основу всех измерительных преобразователей положен единый преобразователь — счетчик-сигнализатор кодовый типа ССК.

Создан и внедрен специальный метрологический стенд для проверки и аттестации датчиков уровня, перепада уровня и положения исполнительных механизмов. При разработке приборов они проходят испытания в климатических камерах, где проверяется их работа в различных условиях температуры, влажности, солнечной радиации и запыленности.

Комплекс технических средств состыковывается с технологическим оборудованием автоматизируемого объекта.

На ЦБ ЭСРПП осваивается современная технология производства средств автоматизации. Например, монтаж плат электронных блоков осуществляется фотохимическим путем. Широко применяются элементы и узлы, изготовленные из пластмасс. Освоены различные виды гальванических покрытий.

ММиВХ УзССР взяло ориентацию на все более широкое применение различных средств вычислительной техники при решении практических задач по созданию и внедрению автоматизированных систем управления и контроль за производственными и технологическими процессами. В Самарканде создан

ВЦ для управления бассейном р. Зарафшана. Впервые в Советском Союзе решается комплекс задач разработки оптимальных планов водопользования, прогнозирования жидкого стока и т. п.

Узгипроводхоз и Средазгипроводхлопок имеют свои ВЦ, где решаются задачи, связанные с проектированием технически совершенных гидромелноративных систем.

На ВЦ Узводприборавтоматики ведется разработка методов и технических средств по сопряжению вычислительно-управляющей техники с устройствами телемеханики для автоматизированного контроля и управления технологическими процессами гидромелноративных систем.

САНИИРИ широко применяет вычислительную технику для моделирования процессов при автоматизации управления, регулирования объектами отрасли и выполнения необходимых расчетов.

Создан информационно-вычислительный центр при центральном диспетчерском пункте ММиВХ УзССР.

В республике средства автоматизации и телемеханики производят два завода: ЦБ ЭСРПП ММиВХ УзССР и Головной завод производственного объединения «Водремстроймаш» (ЗИПС). На этих предприятиях освоено изготовление ряда технических средств для нужд отрасли (табл. 19).

В Узводприборавтоматике разработано новое комплексное устройство телемеханики типа УТМ, где применена элементная база 3-го поколения — интегральные микросхемы.

Перечисленные меры позволяют ускорить процесс внедрения методов и технических средств автоматизации, создают качественно новую базу разработки, внедрения и эксплуатации автоматизированных гидромелноративных систем на промышленной основе.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ И ТЕЛЕМЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ОБЪЕКТЫ В УЗССР

Рассмотрим некоторые оросительные системы республики, которые оснащены средствами автоматики и телемеханики, а также автоматизированные гидротехнические сооружения и примененные на них технические средства.

Каттакурганское водохранилище на р. Зарафшане. Объекты, обеспечивающие водозабор и подачу воды в Каттакурганское водохранилище, а также выпуск ее из водохранилища, и участвующие в распределении и учете воды как на подводящем, так и на отводящем каналах управляются с помощью устройств автоматики и телемеханики (рис. 29).

Проектом Средазгипроводхоза предусмотрено управление узлом из одного диспетчерского пункта, размещенного в здании управления эксплуатации водохранилища, где установлены устройство телемеханики типа ТРДС-И и приборы для измерения параметров, разработанные и изготовленные в СКБ «Газприборавтоматика».

Устройство телемеханики позволяет диспетчеру осуществлять следующие операции: селективный вызов всех объектов управления, телеизмерение горизонта воды в водохранилище и расходов воды в подводящем и отводящем каналах, телеизмерение положения затворов на всех гидротехнических сооружениях, телесигнализацию состояния всех объектов и аварийную сигнализацию с них, двухстороннюю телефонную связь между диспетчером и контролируемыми пунктами. Устройство ТРДС-И модернизировано, дополнено цифровой индикацией измеряемых параметров в системе телеизмерения.

Большой Ферганский канал им. У. Юсупова. Проектом, разработанным Узгипроводхозом в 1959 г., была предусмотрена автоматизация и телемеханизация объектов на го-

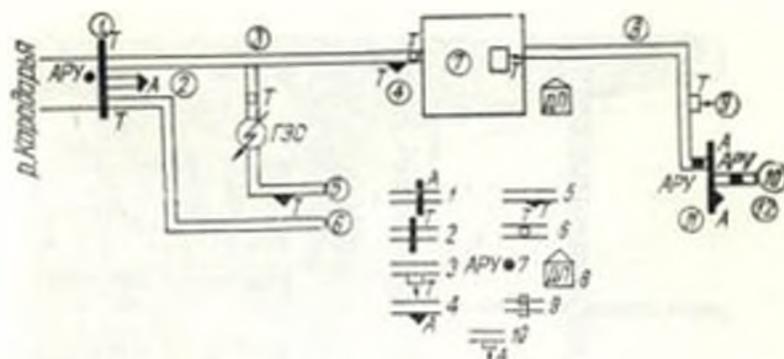


Рис. 29. Линейная схема автоматизированных объектов Каттакурганского водохранилища:

1 — автоматизированное сооружение, 2 — телемеханизованное сооружение, 3 — телемеханизованный водовыпуск, 4 — автоматизированный сброс, 5 — телемеханизованный сброс, 6 — телемеханизованный гидрозатвор, 7 — автоматический регулятор уровня (АРУ), 8 — диспетчерский пункт (ДП) управления, 9 — сооружение с дистанционным управлением, 10 — автоматизированный водовыпуск.

Цифры в кружках: 1 — гидроузел Дам-Ходжа, 2 — сброс в Карадарье, 3 — подводящий канал, 4 — сброс в старое русло, 5 — канал Дам, 6 — канал Миандаль-Хатырчи, 7 — Каттакурганское водохранилище, 8 — отводящий канал, 9 — водовыпуск № А, 10 — канал Нарвай, 11 — гидроузел Нарвай, 12 — сброс в Карадарье.

ловном участке БФК (первое отделение) протяженностью свыше 50 км со всеми сооружениями на нем. Канал с расходом свыше 200 м³/с имеет две точки водозабора — из р. Нарына и р. Карадарьи (рис. 30).

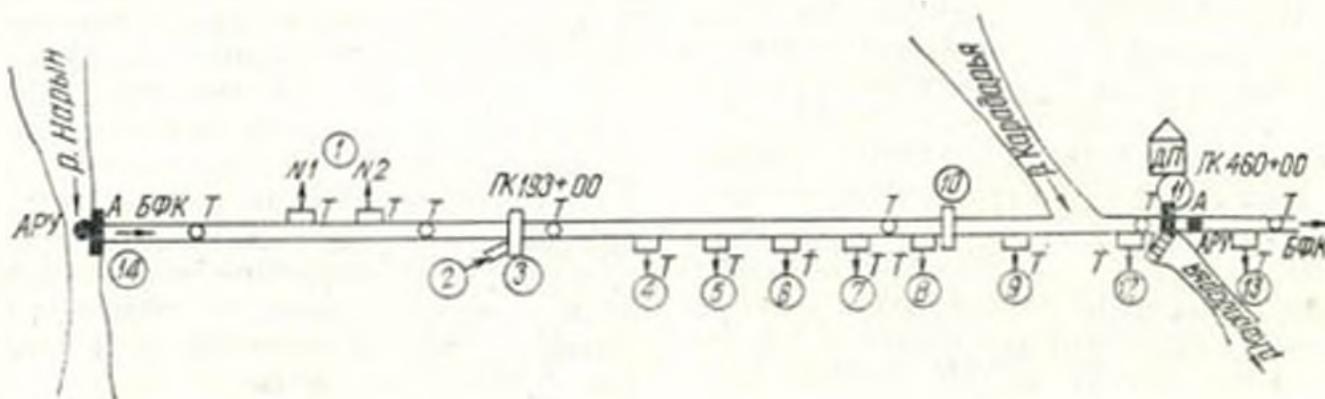
Осуществлена автоматизация головного сооружения на р. Нарыне, автоматизация водозабора в БФК и дистанционное управление подъемниками затворов Куйганъярской плотины на р. Карадарье, а также телемеханизация объектов первого отделения БФК.

В состав этих объектов входят 10 водовыпусков (одноочковых и многоочковых) и 6 балансовых гидрозатворов на границах участков и первого отделения канала.

При автоматизации сооружений применены автоматические регуляторы уровня, разработанные Гипроводхозом и изготовленные на предприятии ЗИПС. Регулятор обеспечивает плановый водозабор из реки при значительных колебаниях расхода, происходящих из-за

Рис. 30. Линейная схема автоматизированного I отделения Большого Ферганского канала (цифры в кружках):

1 — водовыпуск Левобережный, 2 — подводящий канал БФК, 3 — концевой регулятор ПК 193-00, 4 — Каттакурган, 5 — «Социализм», 6 — «Октябрь», 7 — Янги-Заман, А — отвод ГЭС, 8 — Пайтуг, 9 — перелаз Ба, ПК 324-00, 10 — Куйганъярская плотина, 11 — Сиза, 12 — Улугтар. Другие усл. обозн. см. на рис. 29.





Диспетчерский пункт управления 1 отделения БФК им. У. Юсулова.

работы расположенных выше гидроэлектростанций.

Регуляторы уровня, установленные в голове БФК на р. Нарыне и на Куйганъярской плотине, обеспечили водозабор в канал во все периоды года с высокой точностью.

Телемеханизация первого отделения БФК позволила осуществить следующее:

управление затворами всех гидросооружений на канале с помощью механизма отработки задания и задатчиков положения затворов,

измерение горизонтов воды на балансовых постах в канале и в нижних бьефах водовыпусков без водомерных устройств,

измерение расходов воды на водовыпусках с водомерными приставками,

измерение положения затвора на водовыпусках без водомерных устройств, а также аварийную сигнализацию с каждого подъемника затвора.

Телемеханизация объекта выполнена с помощью устройства телемеханики типа ТЧР-61, изготовленного Нальчикским заводом телемеханической аппаратуры. Приборы телеизмерения разработаны в СКБ «Газприборавтоматика» и изготовлены на ЗИПСе.

Система телемеханики ТЧР-61 явилась первым промышленным устройством, предназначенным для управления ирригационными объектами. В ней приняты частотно-комбинационный метод избирания объекта с последовательным двухчастотным кодом в тональном диапазоне частот от 280 до 1180 Гц и

полярный признак для выбора характера операций — телеуправления или телеизмерения.

Диспетчерский пункт первого отделения размещается на Куйганъярском гидроузле. Управление Куйганъярским гидроузлом централизованно осуществляется из диспетчерского пункта в следующем объеме: дистанционное управление подъемниками затворов плотины, дистанционное измерение положений затворов плотины и горизонтов воды в верхнем и нижнем бьефах сооружения, а также в отводящем канале БФК, автоматическое управление водозаборным сооружением БФК с помощью автоматического регулятора уровня.

В процессе эксплуатации устройства автоматизации и телемеханики ММиВХ УзССР произведена модернизация системы телеизмерения, обеспечивающая высокую точность (± 1 см), а САННИРИ разработаны схемы активной аварийной телесигнализации и телесигнализации правильности выполнения команд.

После установки аппаратуры автоматизации и телемеханики управление первым отделением БФК осуществляется централизованно, повышена точность измерения воды; обеспечивается ее своевременная подача потребителям в нужном количестве, значительно сокращен эксплуатационный персонал, повышена культура производства.

Проводится автоматизация и телемеханизация остальных отделений канала.

Учкурганский водный узел на р. Нарыне. Узел сооружен по проекту Узгипроводхоза для обеспечения устойчивого водозабора в левобережный канал (который явился источником питания Большого Ферганского и Большого Андижанского каналов), в правобережный — Северный Ферганский канал. Узел представляет из себя низконапорную плотину из 12 пролетов. Каждый пролет имеет два ряда плоских затворов с индивидуальными подъемниками.

Проектом автоматизации (монтаж произведен монтажно-наладочным управлением «Росводспецналадка») предусматривалось автоматическое поддержание заданного расхода в каналах при изменении расходов в р. Нарыне с помощью автоматических регуляторов уровня, установленных в головных частях каналов, дистанционное изменение положений затворов узла и автоматическое их открытие при аварийном значении горизонта воды в верхнем бьефе, дистанционное измерение уставок регуляторов, положения затворов и горизонтов воды.

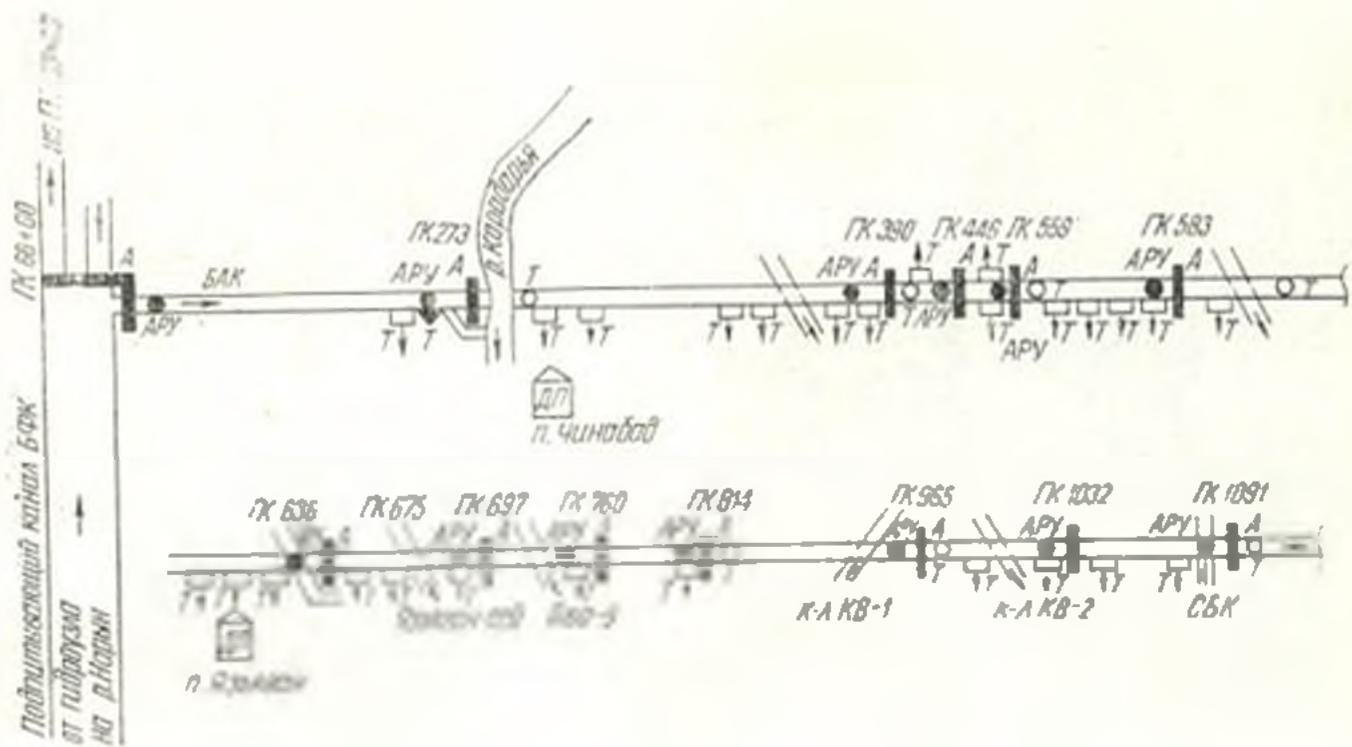


Рис. 31. Линейная схема автоматизированного Большого Андижанского канала им. Б. Усманходжаева (усл. обозн. см. на рис. 29).

Большого Андижанского канала им.

Большой Андижанский канал им. Б. Усманходжаева. Управление каналом — первый этап автоматизированной системы управления водохозяйственным комплексом Ферганской долины (АСУ ВХК «Фергана»).

Канал построен по проекту Узгидрорводхоза в 1968—1970 гг. и является современным инженерным сооружением. Протяженность его — около 110 км, головной водозабор из р. Нарына — 330 м³/с; после отбора в подпитывающий канал БФК пропускная способность в его голове составляет 200 м³/с, а в концевой части — 23 м³/с (рис. 31).

Канал состоит из двух отделений, управление которыми осуществляется из диспетчерских пунктов, расположенных соответственно в поселках Чинабад Андижанской области и Язъяван Ферганской области.

Головное и все перегораживающие сооружения автоматизированы, на них установлены автоматические регуляторы уровня, поддерживающие заданные режимы водозабора в канал и горизонты воды перед сооружениями. Измерение расходов воды в водовыпусках осуществляется измерительными приборами, установленными на лотках Вентури—Паршалла.

Для управления гидротехническими сооружениями на канале, получения информации о подаваемых расходах воды и об аварийных ситуациях на объектах на каждом отделении канала установлено устройство телемеханики: на первом отделении — типа ТИМ-72, а на втором отделении — типа «Темир-2». При-

менение двух типов устройств телемеханики принято для того, чтобы, сравнивая их и оценивая качество каждого, иметь возможность выбора в дальнейшем нужной аппаратуры.

Диспетчеры отделений передают данные о работе каналов и гидросооружений в центральный диспетчерский пункт управления эксплуатации Большого Ферганского канала.

Применение средств водоучета, автоматики и телемеханики позволило обеспечить четкую эксплуатацию и управление каналом, повысить производительность труда и культуру эксплуатации.

Канал им. Кирова в Голодной степи. Это одна из крупных водных артерий, обеспечивающая орошение более 230 тыс. га Голодной степи (Сырдарьинская область УзССР и Чимкентская область КазССР).

Головное сооружение канала находится на р. Сырдарье в нижнем бьефе Фархадской ГЭС и может пропускать около 350 м³/с. На канале имеются, кроме головного, 10 перегораживающих, 3 сбросных сооружения и 71 водовыпуск (рис. 32).

Водозабор, водоподача и водораспределение на канале осуществляются централизованно, с помощью устройств автоматики и телемеханики, запроектированных Средазгидрорводхозом. С помощью автоматических регуляторов уровня (АРУ) типа «Протос», разработанных в этом институте, автоматизированы головное и перегораживающее сооружения, а также ряд водовыпусков.

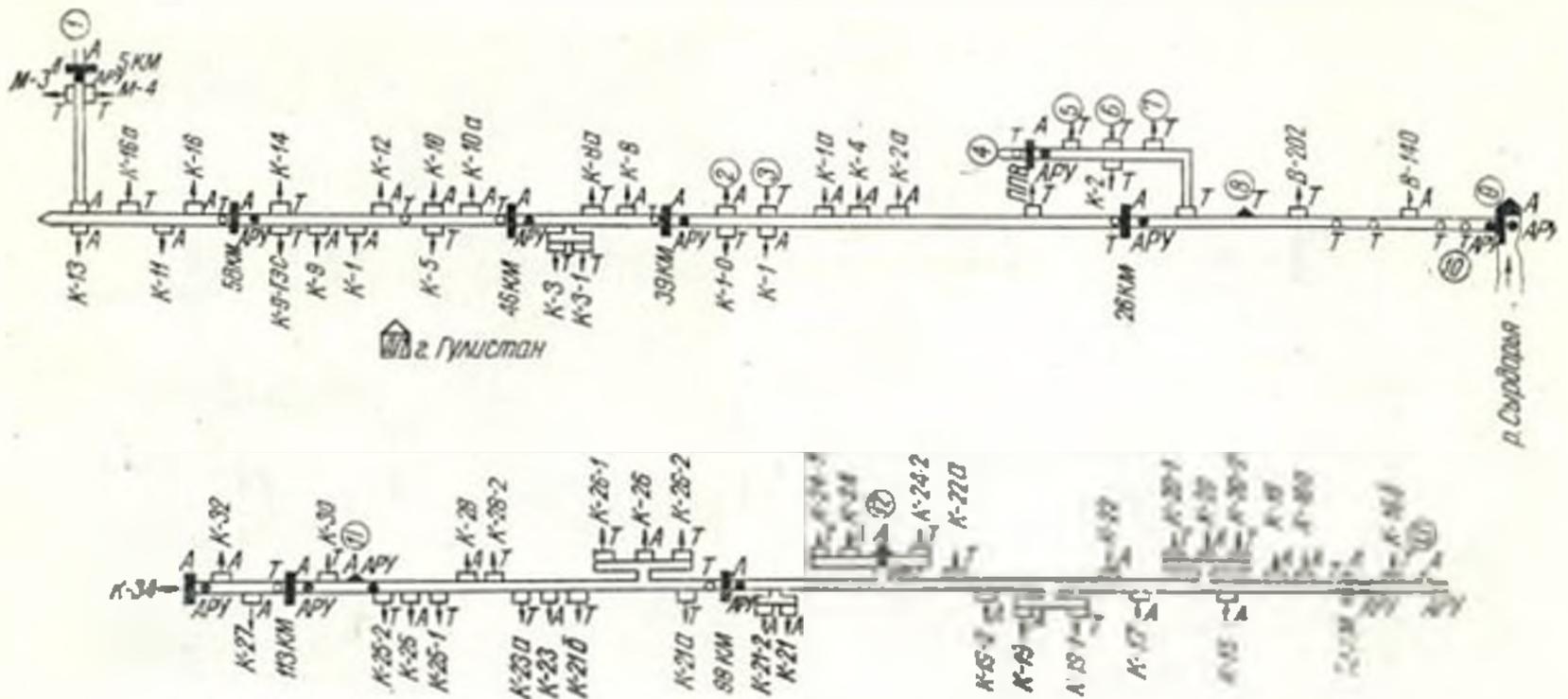


Рис. 32. Линейная схема автоматизированного канала им. С. М. Кирова.

Цифры в кружках: 1 — Малевская ветка; водопуски 2 — Нижне Татарский, 3 — Верхне Татарский, 4 — Полевая ветка, 5 — Крестынский, 6 — Красноармейский ств. рий, 7 — Красноармейский пойма, 8 — Сброс 26 км, 9 — Сброс в Сырдарью, 10 — Головной регулятор, 11 — Концевой сброс, 12 — Северный сброс, 13 — Восточный сброс (усл. обозн. см. на рис. 33).

Для телемеханизации применено разработанное совместно с СКБ «Газприборавтоматика» и Средазгипроводхлопком специально для данного объекта устройство телемеханики типа «Гулистан». Это устройство выполняет следующие функции: телензмерение параметров (расхода, уровня, положения затвора, уставки АРУ), телерегулирование уставкой АРУ или затворами, телесигнализацию состояния объекта, аварийную телесигнализацию с объектов, двухстороннюю телефонную связь, а также обеспечивает поступление серии квитирующих телесигналов для проверки работы объектов.

На канале установлено 40 автоматических регуляторов уровня, 98 датчиков положения затворов, 52 датчика уровня и 30 датчиков перепада уровней (расходомеров).

Общая протяженность двухпроводной воздушной линии связи телемеханики составляет около 120 км.

Пункт управления каналов находится в г. Гулистане.

Автоматизация и телемеханизация канала завершены в 1972 г., аппаратура действует надежно и обеспечивает четкую эксплуатацию и управление этим сложным ирригационным объектом.

Верхнечирчикский водный узел на р. Чирчике и канал Левобережный Карасу. Верхнечирчикский водный узел состоит из 14-пролетной плотины на р. Чирчике и головного

сооружения канала Левобережный Карасу с расходом до 100 м³/с (рис. 33).

Поскольку выше по течению реки наблюдаются непредвиденные сбросы гидроэлектростанций Чирчикского каскада, режим работы узла для обеспечения планового водозабора в канал требует четкого оперативного управления всеми элементами сооружения.

По проекту Узгипроводхоза предусмотрена автоматизация работы водного узла путем установки в его верхнем бьефе автоматического регулятора уровня.

Диспетчерский пункт управления каналом им. С. М. Кирова.



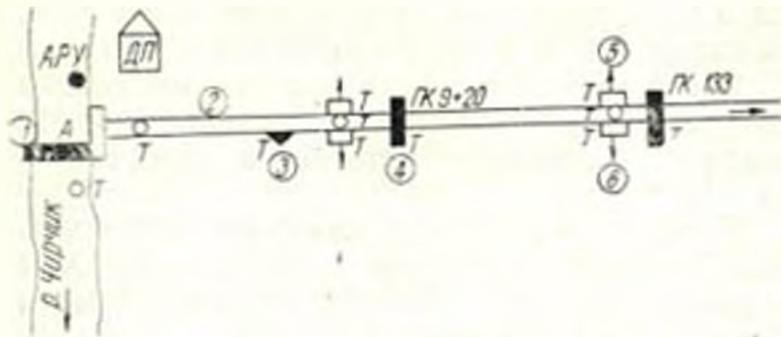


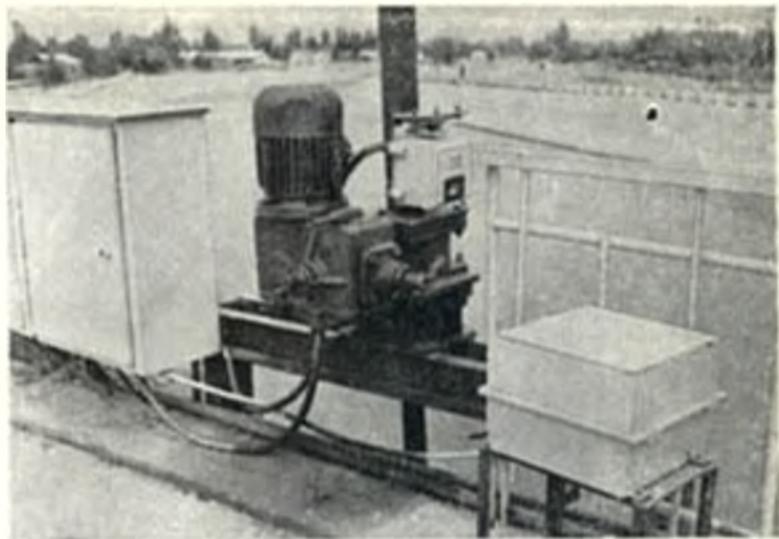
Рис. 33 Линейная схема автоматизированных объектов Верхне-Чирчикского подиого узла.

Цифры в кружках 1 — Верхнечирчикский водный узел, 2 — канал Левобережный Карасу, 3 — катастрофический сброс, 4 — Ташта-Гузия, 5 — Хавдам, 6 — Балты-Арм. Другие усл. сброса см. на рис. 29.

Широтно-импульсный авторегулятор, разработанный Гипроводхозом, дает возможность поддерживать заданный уровень в верхнем бьефе узла, благодаря чему в канал поступает необходимый по графику расход. При изменении уровня от авторегулятора поступает команда на подъем или опускание затворов плотны.

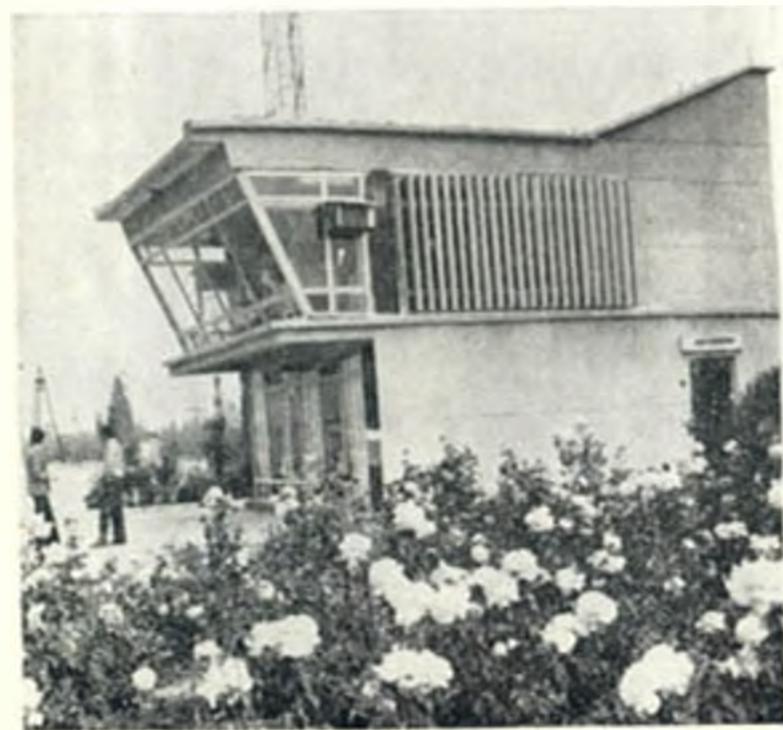
Равномерная работа сооружения и соблюдение гидравлических режимов в нижнем бьефе при поддержании заданного уровня воды в верхнем бьефе обеспечиваются программным устройством конструкции ПКТБ «Узводприборавтоматика», осуществляющим распределение импульсов, поступающих от регулятора уровня к 6 из 14 затворов плотны.

На диспетчерском пункте сооружения Здание пункта управления на канале Левобережный Карасу.



Датчик положения затвора ДПЗК и контролируемый пункт на канале Левобережный Карасу.

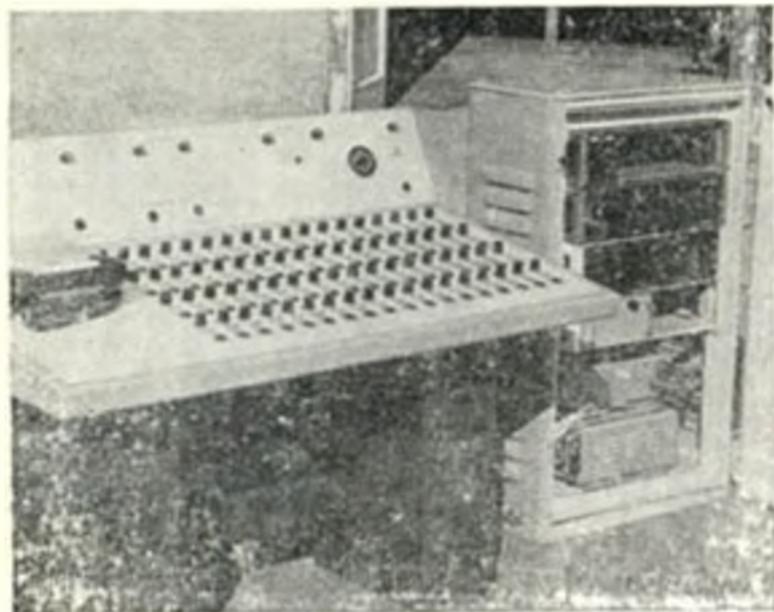
Датчик уровня ДУБ—1 и контролируемый пункт на канале Левобережный Карасу.



установлена аппаратура, позволяющая осуществлять дистанционное измерение горизонтов воды в верхнем и нижнем бьефах узла, а также горизонта (расхода) в канале.

После ввода в 1977 г. в эксплуатацию модернизированной по проекту треста «Узоргтехстроймелиорация» системы автоматического, телемеханического и дистанционного управления с того же диспетчерского пункта производится телеуправление и контроль за водораспределением на нижерасположенных двух узлах гидротехнических сооружений Левобережного Карасу. Для этого дополнительно установлена комплексная система телемеханики типа «Темир-2М», разработанная ПКТБ «Узводприборавтоматика» и изготовленная ЦБ ЭСРПП.

Система «Темир-2М» позволяет с диспетчерского пункта замерять уровни воды верхних бьефов головного и подпорных сооружений и нижних бьефов водовыпусков, замерять



Пульт управления опытно-производственной системы радиотелемеханики СРТМ—САННИРИ в Ташлакском районе Ферганской области.

положения затворов и уставок авторегуляторов, получить аварийную и предупредительную телесигнализацию с объектов. Все измеряемые параметры автоматически фиксируются цифropечатающей машинкой на специальных бланках.

Датчики уровня типа ДУБ-1 и положения затвора типа ДПЗК, аппаратура контролируемых пунктов КП телемеханики имеют пылебрызгозащищенное исполнение, что позволяет размещать их на открытом воздухе.

Применение кодовых преобразователей и цифровой индикации в системе обеспечивает высокую точность контроля и телеуправления ± 1 см при диапазоне до 4 м, а внедрение модернизированной системы телемеханики гарантирует оперативный и точный забор, распределение и учет оросительной воды и предотвращает аварийное переполнение бьефов сооружений.

Управление системами вертикального дренажа. На оросительных системах республики широкое применение нашел вертикальный дренаж, с помощью которого ведется осушение и рассоление на площади в несколько сот тысяч гектаров.

К 1979 г. в республике работали более 2000 скважин вертикального дренажа. Эксплуатация такого большого количества рассредоточенных по площади энергетических объектов весьма сложная и может успешно осуществляться только с помощью современных средств управления.

Узгипроводхоз и Средазгипроводхлопок разработали проекты автоматизации и телемеханизации скважин вертикального дрена-

жа в Сырдарьинской, Ферганской, Бухарской, Ташкентской и Кашкадарьинской областях.

В совхозе «Пахтаарал» Узгипроводхоз в 1965 г. запроектировал телемеханизацию 33 скважин с помощью устройства телемеханики ТЧР-61.

Телемеханизация 22 скважин вертикального дренажа в совхозе «Дальварзин» № 1 осуществлена на базе устройства ТЧР-61 (проект Средазгипроводхлопка).

Для телемеханизации скважин вертикального дренажа в Каганском районе Бухарской области предусмотрена система телемеханики «Темнр».

В отделе автоматизированных систем управления САННИРИ проводятся научные исследования по разработке технологических основ автоматического управления системами вертикального дренажа, а также по созданию технических средств для этой цели.

Осуществлена модернизация систем управления погружными насосами серии САУНА, разработана и изготовлена система радиотелемеханики для управления скважинами вертикального дренажа с помощью радиоканала. Эта система типа СРТМ-САННИРИ в 1974 г.

Радиотелемеханизированная скважина вертикального дренажа в Ташлакском районе Ферганской области.



установлена в Ташлакском районе Ферганской области. Она позволяет осуществлять выбор объекта, включение и отключение, путем опроса устанавливая его состояние («включено», «отключено»), получать сигнал об аварии на объекте, устанавливать номер аварийного объекта, а также осуществлять радиотелефонные переговоры диспетчера с персоналом, посещающим скважины. Система дополняется телеизмерением и внедряется на объектах Главсредазирсовхозстроя, в совхозах Сырдарьинской, Джизакской и Кашкадарьинской областей.

В САНИИРИ и ПКТБ «Узводприборавтоматика» разрабатываются датчики для измерения параметров (подачи насоса, уровней грунтовых и подземных вод), необходимые для автоматического управления системами вертикального дренажа в автоматизированных системах управления водохозяйственными комплексами (АСУ ВХК).

Пачаты работы по разработке алгоритмов управления системами вертикального дренажа как подсистемами в АСУ ВХК.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Комплекс организационно-технических мероприятий, осуществленных в ММиВХ УзССР, направленный на развитие автоматизации ГМС в республике, а также наличие средств автоматизации и телемеханики, удовлетворяющих запросы отрасли, позволили вплотную подойти к решению сложной и важной задачи создания автоматизированных систем управления крупными водохозяйственными комплексами (АСУ ВХК).

Автоматизированная система управления водохозяйственным комплексом р. Зарафшана. Впервые в Советском Союзе подобная задача решалась на водохозяйственном комплексе р. Зарафшана (АСУ ВХК р. Зарафшана).

АСУ ВХК р. Зарафшана разрабатывалась с 1968 г. рядом научно-исследовательских и проектных организаций ММиВХ СССР и УзССР, Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР, а также Академией наук УзССР. В 1976 г. введена первая очередь АСУ, составлен технический проект второй очереди.

С помощью АСУ намечается повысить эффективность распределения водных ресурсов реки для орошения земель в Самаркандской, Бухарской и частично в Кашкадарьинской областях, а также при подаче воды насосными станциями Аму-Бухарского машинного ка-

нала из р. Амударьи в Бухарскую область, применяя современные технические средства и вычислительную технику, внедряя научные основы и новейшие принципы распределения и использования ресурсов, при минимуме эксплуатационных затрат путем поэтапного создания и внедрения централизованного автоматизированного управления на всем комплексе. На первом этапе в результате научных разработок принят предел функционирования АСУ до уровня выдачи воды в район.

Центр управления АСУ ВХК р. Зарафшана — центральный диспетчерский пункт (ЦДП), размещенный в Самарканде. ЦДП, оснащенный электронно-вычислительной управляющей машиной типа М-4030, призван осуществлять решение следующих задач: составление долгосрочного прогноза водоносности реки и краткосрочного прогноза по фактической динамике изменения режима реки, составление плана водопользования и их корректировку, составление планов водораспределения на текущий год, обработку получаемой информации о состоянии объектов и протекании технологического процесса, формулирование и выдачу исполнительных воздействий на управление объектами, выдачу текущей информации эксплуатационному персоналу, технико-экономическое и оперативно-производственное планирование, централизованный бухгалтерский учет, необходимые расчеты научного характера, сопутствующие вышечисленным задачам и др.

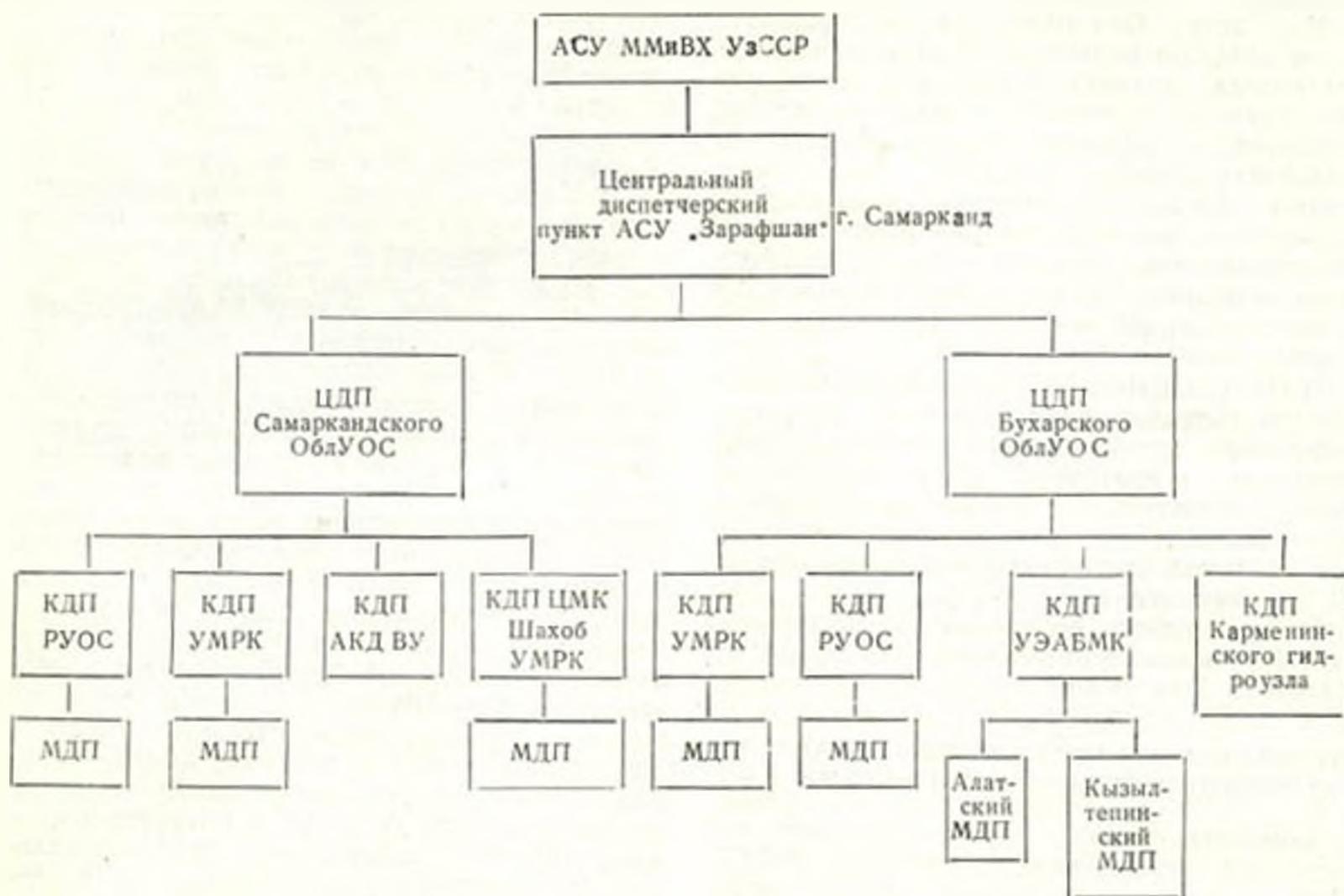
Приводим схему АСУ ВХК Зарафшана.

На последующих этапах создания и внедрения АСУ ВХК Зарафшана предусматривается устройство местных диспетчерских пунктов (МДП), осуществляющих вододелиение внутри районов, а в дальнейшем и внутри хозяйств бассейна, что позволит осуществлять планирование, оперативное распределение, учет и использование оросительной воды на качественно новом техническом уровне.

Аналогичные АСУ разрабатываются в Узбекистане и для других бассейнов рек и водохозяйственных комплексов.

АСУ ВХК бассейна р. Сырдарьи. В 1977 г. утвержден технический проект первой очереди АСУ ВХК бассейна р. Сырдарьи, разработанный Средазгипроводхлопком с участием научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций ММиВХ, Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления, Министерства геологии, АН УзССР и др.

АСУ ВХК бассейна р. Сырдарьи будет осуществлять на межреспубликанском уровне вододелиение между основными потребителями



АКД ВУ — Ак-Карадарьинский водный узел, ЦМК — Центральный Миянкаль-Хатырчинский канал, УЭ АБМК — Управление эксплуатации Аму-Бухарского машинного канала.

(ирригацией, энергетикой, промышленностью, коммунально-бытовым водоснабжением и т. п.), обеспечение санитарных, транспортных, рыбных и других специальных попусков, управление работой крупных водопропускных и водозаборных сооружений, предотвращение аварийных ситуаций, контроль качества воды в бассейне, что приобретает особую важность в условиях возрастающего дефицита воды. Реализация этих задач с максимальным народнохозяйственным эффектом будет достигнута широким применением экономико-математических моделей, средств автоматизации и вычислительной техники.

Центральное управление бассейном р. Сырдарья (ЦУБС) будет находиться в Ташкенте, а территориальные диспетчерские пункты (ТДП) — в Уч-Кургане, Андижане, Ленинабаде, Гулистане и Чирчике. Приводим схему функционирования АСУ ВХК бассейна р. Сырдарья.

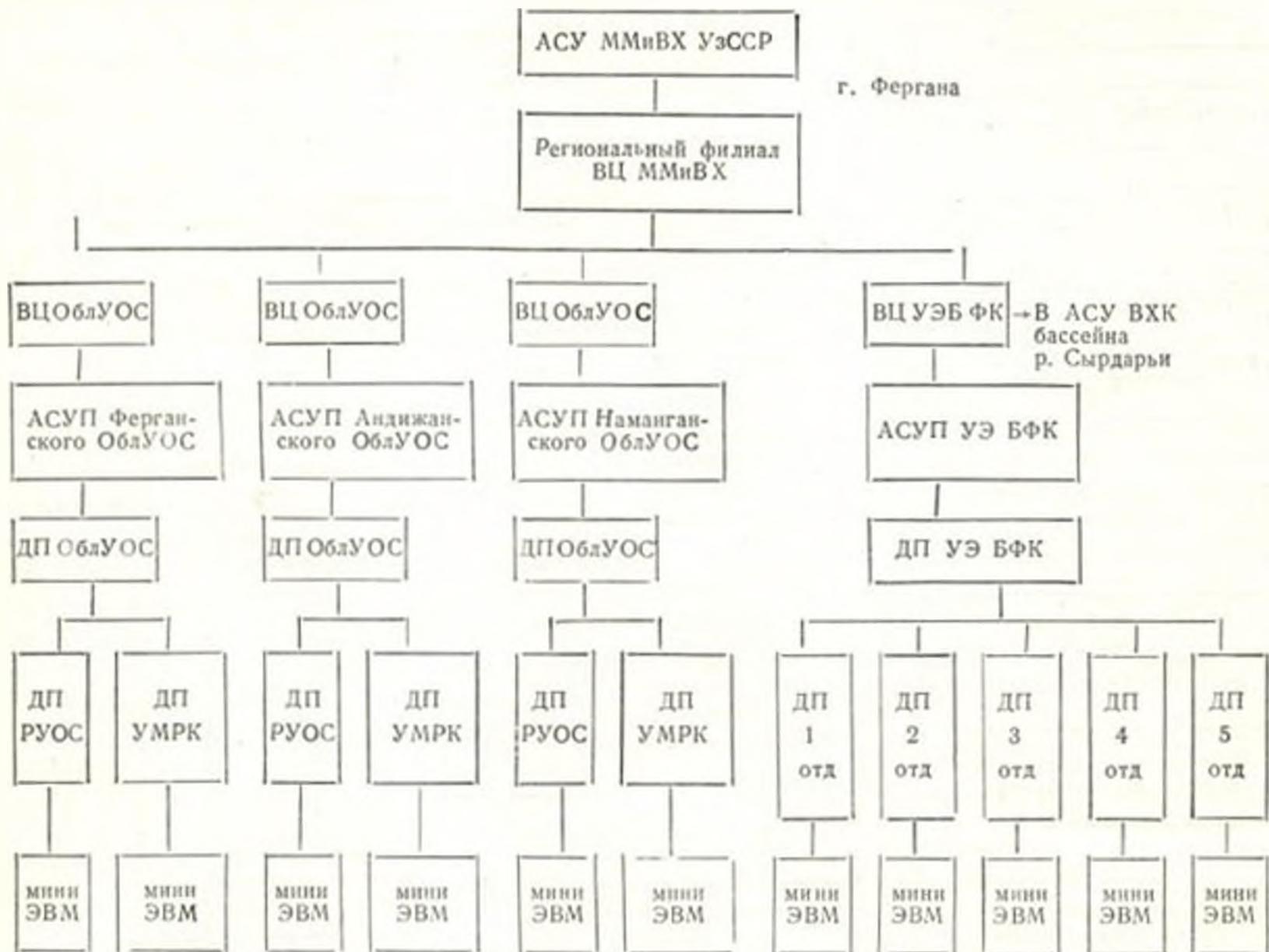
Вторая и следующие очереди АСУ ВХК бассейна р. Сырдарья охватят объекты гидромелиоративных систем на уровнях республик.

АСУ водохозяйственного комплекса Ферганской долины. Она явится составной частью АСУ ВХК бассейна р. Сырдарья.

В Ферганской долине в условиях дефицита воды проведен ряд мероприятий по переброске ее из более обеспеченных систем (р. Нарын) в менее обеспеченные (р. Карадарья) с помощью самотечных и машинных каналов. Для орошения используются подземные воды, подаваемые насосными скважинами вододобычи и самозливом.

Организация управления таким сложным комплексом в 3 областях (Ферганской, Андижанской и Наманганской), а также обеспечение подачи воды по межреспубликанским каналам (СФК, БФК) в Таджикскую и Киргизскую ССР требуют новейших способов и технических средств управления водохозяйственным комплексом.

Узгипроводхоз составляет проект АСУ ВХК «Фергана», который предусматривает выполнение следующих задач: прогнозирование стока рек и бассейна, составление плана водопользования потребителями в зонах ма-



магистральных каналов СФК, БАК, БФК и ЮФК, получение информации о фактических расходах рек в бассейне, получение информации о потреблении воды из магистральных каналов, осуществление оперативного водораспределения.

Особенно велико значение АСУ при дефиците воды для своевременного прогноза запасов на текущий год, составления плана водопользования с учетом такого положения, принятия оперативных мер по наполнению или опустошению водохранилищ, переброске стока из одной оросительной системы в другую, направления на орошение стока коллекторов и скважин вертикального дренажа, постоянной оперативной и объективной информации о расходах воды на всех гидростаях и водовыделах, возможности оперативного управления всеми элементами ирригационной и дренажной сети и т. д.

Построение АСУ ВХК «Фергана» будет также осуществлено поэтапно. Сооружен

вычислительный центр в Фергане, намечены диспетчерские пункты в Андижанском, Ферганском и Наманганском облУОСах и в Управлении эксплуатации БФК, где будет применен комплекс вычислительных и управляющих машин и систем телемеханики.

Намечено организовать диспетчерские пункты в райУОСах, УМРК и на магистральных каналах. На диспетчерских пунктах будут установлены малые вычислительные машины (мини ЭВМ), с помощью которых будет осуществляться вододелиение между потребителями.

В состав объектов управления будут включены и дренажные системы, для чего намечается создание диспетчерских пунктов для этих систем и увязка их с диспетчерскими пунктами оросительных систем.

Кроме АСУ ВХК «Фергана», намечается разработка и внедрение АСУ на объектах водного хозяйства в новой зоне освоения Голодной и Джизакской степей, где орошение

базируется на водоподаче из ЮГК им А. А. Саркисова путем разветвленной сети самотечных и машинных каналов, которая также войдет в состав АСУ ВХК бассейна р. Сырдарьи. В объем этой АСУ будут входить также все дренажные системы зоны освоения новых земель.

Разрабатывается проект АСУ ВХК Каршинской степи, которая охватит Каршинский магистральный канал, всю оросительную и коллекторно-дренажную сеть осваиваемой части земель Кашкадарьинской области до выделов в хозяйстве. В порядке эксперимента предусматривается разработка АСУ объектами и внутрихозяйственной сети. Научные исследования по расчету гидравлических режимов в машинных каналах, а также системы автоматического управления насосными станциями и гидротехническими сооружениями проводятся САНИИРИ. Составление этих проектов ведется в Средазгипроводхлопке.

Автоматизированная система управления Министерством мелиорации и водного хозяйства УзССР (АСУ «Узводхоз»). Наиболее рациональное использование материальных, трудовых и денежных ресурсов в новых условиях планирования и экономического стимулирования в ММиВХ УзССР может быть достигнуто с помощью применения отраслевой автоматизированной системы управления (ОАСУ). Такая система позволяет существенно повысить технико-экономические показатели мелиорации и водного хозяйства за счет улучшения планирования, учета, диспетчеризации, оперативного управления, анализа хода производственных и технологических процессов.

Результатом внедрения ОАСУ явится оптимизация процессов водохозяйственного строительства, эксплуатации ирригационных систем, материально-технического снабжения, охраны водных ресурсов и т. д., что будет способствовать получению максимального эффекта от затрачиваемых материальных и трудовых ресурсов. Работа ОАСУ будет построена на широком применении экономико-математических методов и современной вычислительной техники.

Для ММиВХ УзССР создается отраслевая АСУ «Узводхоз», одна из составляющих разрабатываемой системы АСУ «Минводхоз», наряду с аналогичными отраслевыми автоматизированными системами управления в других республиках (ЛатвССР, КиргССР, УССР и др.).

При составлении данной АСУ предусматривается ее деление на подсистемы с учетом существующей структуры и специализации

функциональных подразделений министерства, а также процессов производства и управления.

За основу принимается следующий состав функциональной части АСУ «Узводхоз»:

подсистемы по управляющим функциям: перспективное развитие отрасли, технико-экономическое планирование, оперативное управление, бухгалтерский учет, отчетность, нормирование, анализ производственно-хозяйственной деятельности;

подсистемы по управлению видами деятельности: водохозяйственное строительство, эксплуатация водохозяйственных систем, материально-техническое снабжение, комплексное использование и охрана водных ресурсов, финансовая деятельность, мелиорация, научно-исследовательские и проектные работы, планирование, учет и анализ труда, заработной платы, кадров, индустрия ремонта оборудования и механизмов гидротехнических сооружений.

Для функционирования АСУ будет создана информационная база, она будет оснащена комплексом технических средств, включая средства связи, оргтехники и вычислительной техники, а также дано математическое обеспечение.

В состав АСУ «Узводхоз» как составляющие войдут создаваемые АСУ ВХК «Зарафшан», «Фергана» и др.

К 1975 г. составлен рабочий проект первой очереди АСУ «Узводхоз», выполненный организациями Министерства приборостроения, средств автоматизации и систем управления, в 1977 г. осуществлено его внедрение.

Научно-исследовательские работы по АСУ «Узводхоз» вели ВНИИГим, САНИИРИ, ВНИИКАМС, Институт кибернетики с ВЦ АН УзССР и Институт экономики АН ЛатвССР.

Начаты работы по оснащению диспетчерской службы ММиВХ УзССР информационно-вычислительным комплексом, подключаемым к отраслевой и государственной информационной сети, который будет осуществлять сбор, обработку, хранение информации и выработать оптимальные режимы водопользования по всему водному хозяйству республики.

Автоматизация управления водохозяйственным строительством. Эта система управления представляет собой одну из частей системы управления Минводхоза.

В Узбекистане водохозяйственное строительство ведут строительные организации ММиВХ УзССР, Узглавводстроя и Главсредирсовхозстроя.

Для повышения эффективности и качества водохозяйственного строительства на основе совершенствования управления создаются АСУ водохозяйственного строительства (АСУ ВХС). В Узглавводстрое создано АСУ производством железобетонных изделий (АСУ ЖБИ, 1972 г.), действует система «Аккорд» (с 1973 г.) по управлению строительством «Амубухараканалстрой», система «Комплект-1» (с 1975 г.) в СМУ «Южсурханводстрой» производственного строительного объединения «Сурхансовхозстрой», налажен автоматизированный контроль за исполнением поручений руководства (1975 г.), решен комплекс задач для АСУ материально-техническим снабжением (1975 г.).

В 1975—1978 гг. в АСУ Узглавводстроя первой очереди реализован комплекс задач по автоматизированной обработке оперативных данных и основных технико-экономических показателей по главку, а также комплекс задач системы «Комплект-3» и типовые проектные решения планирования для строительных трестов.

Начаты работы по созданию АСУ Узглавводстроя второй очереди.

Основные разработки и внедрение АСУ выполняются ИВЦ Узглавводстроя.

В создании АСУ Узглавводстроя принимают участие Институт кибернетики с ВЦ АН УзССР, Ташкентский политехнический институт, Московский экономико-статистический институт, ВНИИГим и др.

В Главсредазирсовхозстрое в результате разработки АСУ водохозяйственным строительством ведется контроль за поставкой и использованием основных стройматериалов и конструкций, оперативный контроль за выполнением физических объемов работ по главку, контроль за исполнением решений руководства и коллегии главка, а также решаются задачи по учету труда и зарплаты, работы автотранспорта, отчетности, финансовой деятельности и других в тресте «Мирзачульсовхозстрой».

Решение этих задач осуществлялось на ИВЦ на базе ЭВМ ЕС-1020 с 1975 г.

Ведется автоматизированный контроль за ходом строительных работ на важных стройках и при ирригационно-мелиоративной подготовке земель в совхозах.

С 1975 г. ведется также учет использования водных ресурсов. В 1977 г. был разработан ряд проектов диспетчерского управления для Джизакстепстроя, Ивановирсовхозстроя и для треста «Промстройматериалы».

АСУ эксплуатацией гидромелиоративных систем. В связи с необходимостью перевода

эксплуатации объектов на индустриальную основу в Узбекистане развернуты работы по созданию АСУ эксплуатацией гидромелиоративных систем (АСУ-Э ГМС).

АСУ-Э ГМС будет представлять собой человеко-машинный комплекс, обеспечивающий автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления водораспределением и водопользованием, предупреждение и борьбу с засолением и заболачиванием орошаемых земель, а также организацию и проведение технического обслуживания основных и вспомогательных водохозяйственных объектов при рациональном удовлетворении водопользователей и водопотребителей водными ресурсами с минимальными затратами на все эксплуатационные мероприятия.

АСУ-Э ГМС будет включать в себя ряд подсистем, которые охватят все комплексы задач управления:

водораспределение с комплексом задач прогнозирования водных ресурсов, расчетов планов водопотребления и водораспределения режимов работы водохранилищ, насосных станций и др.,

водными режимами с комплексами задач расчета управляющих воздействий на гидротехнические сооружения, насосные станции, скважины вододобычи и вертикального дренажа,

техническим обслуживанием, административно-хозяйственной деятельностью на гидромелиоративных системах.

АСУ-Э ГМС будет также осуществлять учет, отчетность и анализ деятельности ГМС.

Реализация АСУ-Э ГМС намечена в первую очередь на ряде объектов страны, в том числе в Ташкентском ОблУОС.

Разработка научных основ создания такого АСУ поручена САНИИРИ, совместно с которым работает ряд научных, проектных и конструкторских организаций ММиВХ и Минприбора СССР.

В ПКТЬ «Узводприборавтоматика» с участием ряда организаций начаты работы по созданию и внедрению проблемно-ориентированного комплекса технического и материального обеспечения для АСУТП гидромелиоративных систем, ведутся работы по централизованному автоматизированному контролю и управлению на малых гидромелиоративных системах, участках каналов или отдельных гидроузлах с использованием микропроцессоров.

• • •

Расширение площадей орошаемых земель в Узбекистане будет происходить в условиях

нарастающего дефицита водных ресурсов. Создание крупных оросительных комплексов с широким использованием машинного водоподъема, необходимость оперативного и точного прогнозирования стока с соблюдением оптимального режима водно-солевого и теплового баланса на полях потребуют дальнейшего повышения технического уровня эксплуатации гидромелиоративных систем; предстоит перевести на автоматизированное управление практически все объекты водного хозяйства Узбекистана. Это вызывает необходимость совершенствования технических средств автоматизации и телемеханики, увеличения производственных мощностей по изготовлению и ремонту оборудования, подготовки персонала и повышения культуры эксплуатации.

Начаты работы по созданию новых видов приборов и исполнительных механизмов с использованием различных видов энергии, а также локальных систем сбора и обработки информации при водораспределении и поливе.

Ведутся разработки по переводу устройств телемеханики на работу по радиоканалам и по проводам линий электропередач. Осуществляется разработка унифицированных водомерных устройств и сооружений на принципах единой государственной системы приборов.

Особое внимание уделяется дальнейшему повышению надежности и работоспособности устройств в специфических условиях гидромелиоративных систем.

Важнейшим и перспективным направлением можно считать все более широкое применение электронновычислительной техники во всех звеньях — от ММиВХ до внутрихозяйственной сети. Это станет возможным благодаря появлению ряда ЭВМ, включая микропроцессоры, технические и стоимостные показатели которых обуславливают целесообразность их применения даже на отдельных гидроузлах и мелких ГМС.

Характерная особенность дальнейшего развития автоматизации ГМС — расширение

сферы ее действия на крупнейшие взаимосвязанные комплексы, охватывающие различные отрасли народного хозяйства (водное хозяйство, энергетика, рыбное хозяйство, водный транспорт, коммунальное хозяйство и т. д.) и на ряд технологических процессов, в том числе на автоматизированное прогнозирование стока, контроль и управление качеством воды, внутрихозяйственное водораспределение и полив, сбор и повторное использование поверхностных и грунтовых вод, межбассейновые перебросы воды и водообороты.

Для широкого внедрения автоматизации ММиВХ СССР создало Всесоюзное научно-производственное объединение «Союзводавтоматика», функциями которого являются разработка и внедрение новых средств, систем и технологии по комплексной автоматизации технологических процессов в мелноративных системах. В состав объединения входят научно-исследовательский и проектный институты, опытно-конструкторское бюро, завод и строительномонтажные тресты с производственными территориальными управлениями в ряде республик.

В Узбекистане этими организациями начаты работы по автоматизации объектов Главсредазирсовхозстроя, в частности телемеханизации Каршинского магистрального канала и ряда сооружений в Голодной степи.

Для успешного выполнения работ по автоматизации требуется объединение усилий научных, проектных и производственных организаций, расширение научной, промышленной и ремонтной базы в республике, проектирование и строительство новых гидромелиоративных систем с учетом их автоматизации.

Таким образом, широкая автоматизация водного хозяйства Узбекской ССР позволит оптимально использовать водные ресурсы без потерь во всех звеньях: от бассейнов водосбора до полей, повысить культуру производства до уровня передовых отраслей народного хозяйства страны.

Одна из основных сфер эксплуатации гидромелиоративных систем — их переустройство для приведения в соответствие с непрерывно повышающимся техническим уровнем и требованиями сельского хозяйства. Из-за долговечности и замедленной физической амортизации элементов гидромелиоративных систем их технический уровень закономерно оказывается более низким. В связи с этим усовершенствование систем, называемое переустройством, — процесс непрерывный.

При главной стратегической задаче переустройства — повышении технического уровня систем — его тактические задачи существенно различаются и определяются требованиями момента. Это относится и к качественной (преимущество того или иного вида работ), и к количественной (объем работ) характеристикам переустройства. По этим признакам в развитии переустройства советского периода выделяются 4 этапа: восстановительный, регулярного повышения технического уровня, новой системы орошения и коренного переустройства гидромелиоративных систем.

Эффективность переустройства во многом зависит от того, насколько реализуемые принципы и решения обоснованы предшествующим опытом и материальными возможностями народного хозяйства.

Восстановительный этап поставил главной целью ликвидацию разрушительных последствий гражданской войны и усовершенствование систем, главным образом водозаборов из источников орошения. Восстановление ирригационных систем сопровождалось заменой местной оросительной сети и регулирующих устройств современными инженерными сооружениями. После национального размежевания республик Средней Азии восстановление и переустройство ирригационных систем продолжалось еще более энергичными

темпами, чему способствовал и общий подъем народного хозяйства.

Отличительной чертой переустройства восстановительного периода являлось сосредоточение усилий на межхозяйственной и магистральной сети с водозаборными сооружениями, тогда как хозяйственная сеть почти не была затронута переустройством. Целесообразность такой политики была обусловлена необходимостью восстановления ирригации. Включить в этот процесс хозяйственную сеть не представлялось возможным из-за недостатка материальных средств и отсутствия необходимости в этом, особенно в начальный период, когда техническая оснащенность сельского хозяйства мало чем отличалась от дореволюционной, поэтому технический уровень хозяйственных систем мог оставаться прежним.

Этап регулярного повышения технического уровня ознаменовался широким переустройством межхозяйственных и хозяйственных систем. Необходимость последнего мероприятия была вызвана тем, что несовершенство систем стало тормозить развитие сельского хозяйства, особенно применение механизации, а осуществление ее оказалось возможным благодаря неизмеримо выросшему экономическому потенциалу государства. В связи с этим создались условия для систематического и целенаправленного усовершенствования гидромелиоративных систем.

В начале этапа главная задача переустройства состояла в создании условий для повсеместного внедрения планового водопользования. Это достигалось путем переустройства головного и магистрального питания, оборудования узлов водodelения регулирующими и водомерными сооружениями.

Несмотря на сравнительно небольшие объемы работ по переустройству внутрихозяйственной сети, уже к середине 30-х годов были достигнуты успехи в повышении их техничес-

кого уровня, косвенным показателем которого служит увеличение более чем в 2 раза средней площади поливных участков: от 0,30 га в 1913 г. до 0,70 в 1934 г.

Переустройство в основном выполнялось хозяйствами-водопользователями при весьма незначительном применении механизмов. В первую очередь укрупнялись поливные участки, требовавшие меньших затрат труда. К концу 30-х годов был накоплен большой опыт по проектированию и осуществлению внутрихозяйственного переустройства, однако развитие его было приостановлено Великой Отечественной войной.

Этап новой системы орошения, внедрение которой началось в больших масштабах в послевоенный период, характеризуется воплощением прогрессивных принципов организации внутрихозяйственной оросительной сети, выявленных довоенным опытом переустройства. Бурное развитие сельского хозяйства и применение передовой сельскохозяйственной техники стали сдерживаться из-за несовершенства внутрихозяйственных систем. Вместе с тем успехи в развитии народного хозяйства создали необходимую материально-техническую базу для их усовершенствования.

Новая система орошения (НСО) состояла в укрупнении поливных участков, замене постоянной оросительной сети временной, создании наилучших условий для полива, применении механизации и прогрессивной агротехники на основе коренного переустройства хозяйственных гидромелиоративных систем. Переход на новую систему орошения обеспечил более полное использование земель благодаря ликвидации постоянных оросителей и вовлечению в сельхозоборот незасеваемых полос вдоль постоянных каналов; он позволил также увеличить размеры поливных участков, в связи с этим более эффективно стали применяться современные сельскохозяйственные механизмы, повысилась их производительность, сократились затраты на обработку полей и потери урожая от замачивания посевов машинами при развороте; лучше стала использоваться оросительная вода, улучшилось мелиоративное состояние земель, сократились эксплуатационные затраты на содержание оросительной сети; создались условия для ликвидации сорняков и вредителей сельхозкультур.

В процессе проектирования массового переустройства возникли проблемы, решению которых в значительной степени способствовали анализ и обобщение накопленного опыта. Одна из главных проблем — установление

степени переустройства, поскольку коренное переустройство на всей территории потребовало бы колоссальных трудовых и материальных затрат. Степень переустройства в зависимости от местных условий устанавливалась от частичной, решавшей основные задачи, до капитальной. Капитальное переустройство велось в условиях, где затраты на него были сравнительно небольшими или эффективность особенно велика. Это предгорные районы с выровненным микрорельефом при малом количестве насаждений и отсутствии коллекторно-дренажной сети, системы с неупорядоченным хозяйственным землепользованием и избытком земли, частично переустроенные системы.

В составленных к 1954 г. схемах переустройства на площади 1400 тыс. га предусматривалось выполнить следующий объем земляных работ: 112 млн. м³ при засыпке иригационной сети и дорог, 99 млн. м³ при постройке новой оросительной и коллекторно-дренажной сети, 359 млн. м³ при планировке поливных участков; кроме того, нужно было пересадить 104 млн. деревьев. К 1956 г. работы были выполнены на 34% площади, а по объемам — на 33%.

Позже темпы стали снижаться. Причины состояли в том, что к этому времени были переустроены наиболее эффективные объекты и, главное, для выполнения колоссального объема работ не было необходимого парка механизмов и достаточной материальной базы. Из всего объема земляных работ механизмами было выполнено 58%. Колхозы в финансировании переустройства участия практически не принимали. Кроме того, возникали трудности, обусловленные спецификой работ по переустройству. Строительство выполнялось одновременно почти во всех хозяйствах. Строительный период ограничивался не вегетационным сезоном и составлял в зависимости от погодных условий не более 60 дней в году, чтобы не нарушать производственный процесс переустраиваемых хозяйств.

Итоги 1951—1955 гг. подтвердили эффективность переустройства. В хозяйствах, переустроивших гидромелиоративную сеть, снизились трудовые и материальные затраты на единицу продукции, повысилась оплата труда дня, увеличилась нагрузка на трудоспособных благодаря повышению уровня механизации. Создались условия для внедрения прогрессивной агротехники, в частности квадратно-гнездового сева и продольно-поперечной обработки хлопчатника. Все это способствовало повышению урожайности сельхозкультур. Например, в колхозе «Коммунист» Янгильского

Таблица 20

Распределение орошаемой площади по размерам поливных участков (контуров) на 1975 г. (материалы Узгидрозема), тыс. га

Область	Поливной участок, га							Средняя площадь участка, га
	до 0,5	0,5-1	1-3	3-6	6-10	10-15	более 15	
Андижанская	1,2	2,7	13,6	22,5	34,0	46,4	105	7,3
Наманганская	0,7	1,7	8,4	16,7	28,5	37,0	83,8	8,1
Ферганская	6,0	12,3	40,4	51,2	57,8	41,8	49,6	3,2
Сырдарьинская	0,1	0,2	1,7	5,0	7,7	11,3	137	21,2
Ташкентская	0,6	1,4	9,4	19,7	31,7	33,2	131	10,2
Сурхандарьинская	0,9	1,5	4,9	13,2	24,4	6,4	91,5	7,9
Кашкадарьинская	0,2	0,6	2,7	6,0	16,5	32,4	75,3	13,6
Бухарская	1,9	6,0	34,6	50,7	44,7	34,3	48,4	4,1
Хорезмская	2,4	5,7	22,3	32,6	34,9	28,0	25,8	3,8
Самаркандская	1,7	3,0	13,6	21,6	42,6	42,7	131	6,9
Джизакская	0,1	0,2	1,8	0,6	4,1	4,5	58,6	17,5
КК АССР	1,8	4,0	22,0	42,5	45,4	37,8	34,0	4,9
Итого по республике	17,6	40,2	175	282	371	416	974	—

района Ташкентской области урожайность хлопчатника в 1951 г. составила более 40 ц/га по сравнению с 30—32 ц/га в 1947 г.

К началу 60-х годов усилия водохозяйственных организаций переключились в основном на решение наиболее актуальных задач: освоение целинных земель, реконструкцию головного и магистрального питания оросительных систем, повышение водообеспеченности систем путем бетонирования магистральных и межхозяйственных каналов. Начатое в Ферганской долине строительство каналов «весеннего питания» широко распространилось по всему Узбекистану. Так, если в 1957 г. были облицованы первые 8 км каналов, то в 1975 г. протяженность межхозяйственных бетонированных каналов в республике составила более 3300 км.

Таким образом, к началу 60-х годов на большинстве систем были решены задачи, возлагавшиеся на НСО: укрупнены поливные участки до размеров, позволяющих применять механизмы при сельскохозяйственных работах, произведена планировка поверхности, постоянная оросительная сеть заменена временной. Однако, как и на предыдущих этапах, темпы развития сельского хозяйства существенно опередили совершенствование технического уровня гидромелиоративных систем. Например, эффективность использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники существенно снижается на все еще небольших поливных участках, особенно в Ферганской, Бухарской, Хорезмской областях и КК АССР (табл. 20).

Все еще низок КПД оросительной сети: около 0,82 на межхозяйственных системах и

0,70 на внутрихозяйственных. Внутрихозяйственная оросительная сеть в зоне старого орошения технически несовершенна, не оборудована необходимым количеством регулирующих и водомерных сооружений (только 56% точек выдела оснащены регуляторами). Значительная часть территории требует мелиоративных мероприятий, планировки поверхности поливных участков, применения более совершенных средств полива. Таким образом, окончание данного этапа определило начало качественно нового этапа коренного переустройства гидромелиоративных систем.

Наряду с традиционными особое значение приобретают следующие задачи:

экономия воды путем повышения КПД оросительной сети и совершенствования техники полива, технологии водораспределения, сокращения расходов воды на мелиоративные цели благодаря применению совершенных конструкций дренажных систем, так как экономия воды — важнейший ресурс развития орошения;

создание совершенных систем, представляющих собой базу перехода к автоматизированным системам управления водохозяйственными комплексами, так как в условиях обостряющегося дефицита воды, усложняющейся технологии эксплуатации и увеличивающихся размеров гидромелиоративных систем АСУ — наиболее эффективная форма управления и эксплуатации;

улучшение использования земельных ресурсов в границах существующего орошения, так как ресурсы легко осваиваемых новых земель уже практически исчерпаны.

Особенность современного переустройства — огромный объем работ, что требует больших капиталовложений, создания специальной базы для обеспечения строительными материалами и изделиями, создания новых строительных организаций, оптимизации управления и организационной структуры.

В соответствии с разработанной в 1976 г. Узгипроводхозом схемой развития реконструкции оросительных систем в УзССР (главный инженер проекта М. Г. Кулаугиев) предстоит переустроить хозяйственные гидромелиоративные системы на площади 1645 тыс. га. Это потребует около 5 млрд. руб. капитальных вложений, 10,5 млн. т цемента, 2,8 млн. м³ лесоматериалов, 250 тыс. т металлоконструкций, 160 тыс. т металлических и 7,8 тыс. усл. км асбоцементных труб. Предстоит выполнить 1580 млн. м³ земляных работ по выемке, 2740 млн. м³ по планировке поливных участков, 41 млн. м³ бетонных и железобетонных работ. Намечаемая площадь переустройства — 1676 тыс. га.

На десятую пятилетку в этой схеме запланировано выполнение относительно небольшого объема работ, что объясняется необходимостью создания базы переустройства, в том числе «мелиоративного клина» за счет предварительного освоения «компенсирующих участков», т. е. новых земель в зоне существующего орошения. Схемой предусмотрено освоить такие участки на общей площади 36 тыс. га. Это должно компенсировать возможное снижение объема продукции сельского хозяйства на переустраиваемых землях, вызванное выводом из оборота части земель в процессе переустройства и некоторым уменьшением урожайности в первые 2—3 года после планировки поливных участков.

Актуальность переустройства обусловила уже в девятой пятилетке крупные капиталовложения и объем выполненных работ, о чем можно судить по следующим данным:

Вид работ:	Затраты, млн. руб.	Объем работ, тыс. га	Удельные затраты, руб. га
Мелиоративное улучшение земель	139	492	264
Повышение водообеспеченности и реконструкция оросительной сети	323	952	329
Капитальная планировка	67	143	469

Однако несмотря на значительные ассигнования и внимание, уделяемое этому мероприятию в последние годы, его эффективность значительно ниже возможной, причинами яв-

ляются обстоятельства организационно-технического плана.

Выделяемые на переустройство средства распределяются примерно пропорционально мелнорируемой площади, без учета получения максимально возможного эффекта. В результате наряду с действительно эффективными объектами переустраиваются и малоэффективные. Кроме того, переустраиваются небольшие по площади и рассредоточенные объекты. Такая практика обуславливает дополнительные трудности организации строительных работ, отсутствие заинтересованности строительных организаций в выполнении мелких объектов, что влечет за собой затяжку сроков сдачи, невысокое качество работ и снижение суммарного народнохозяйственного эффекта (по экономии оросительной воды и приросту дополнительных площадей). Показательно в этом отношении выполнение переустройства гидромелиоративной сети в колхозе «Правда» Ханкинского района Хорезмской области. Из намеченных 500 га за три года было переустроено немногим более 100. Работы выполнялись с длительными перерывами, небольшим количеством механизмов. Из-за низкого качества планировочных работ, разрыва во времени между строительством участковой и групповой оросительной сети реализовать заложенную в проекте схему полива из односторонних оросителей по длинным безуклонным бороздам не удалось. Поэтому после переустройства длина поливных борозд, производительность труда и КПД техники полива почти не увеличились.

Следующим недостатком существующей практики переустройства является то, что планирование и проектирование переустройства ведется по составляющим элементам: мелиоративному улучшению земель, повышению водообеспеченности и капитальной планировке поверхности поливных участков. При переустройстве по составляющим элементам и с разрывом между ними по времени необходимого эффекта, ожидаемого от переустройства, не получают. Это объясняется тем, что при переустройстве последующих элементов частично или полностью уничтожаются результаты работ по предыдущему элементу, поскольку заранее они не были увязаны между собой. Главная причина некомплексного ведения работ — недостаточность финансирования, выделяемого на переустройство: около 1 тыс. руб. на га вместо оптимально необходимых 2,5—3,5.

В проекте переустройства колхоза «Правда», например, для снижения сметной стоимости были предусмотрены земляные оросительные каналы и открытая коллекторно-дренаж-

ная сеть. После их строительства оказалось, что КПД оросительной сети не увеличился, работа дренажа не эффективна, так как в местных условиях дрены оплывают и обеспечить их глубину более 2 м (максимум 2,5 м) не представляется возможным; КЗИ не увеличился. В этом случае применение более совершенных конструкций гидромелиоративной сети стоило бы дороже, но обеспечило действительную эффективность переустройства.

Рассредоточенность и недостаточность финансирования исключают возможность принятия оптимальных решений в отношении технического уровня переустраиваемых систем, который должен, с одной стороны, требовать минимальных капитальных вложений при максимуме эффекта, а с другой — отвечать современным требованиям и учитывать перспективу, в частности возможность автоматизации и последующего перехода к АСУ.

Проектирование внутрихозяйственного переустройства и реконструкции межхозяйственной сети часто производится без взаимной увязки. В результате неполностью реализуются преимущества применяемых прогрессивных решений, а иногда исключается возможность существенного повышения технического уровня систем. В то же время с целью коренного переустройства размещение проектных поливных участков и внутрихозяйственной гидромелиоративной сети проектируют без учета существующей ситуации. Это приводит к увеличению объема земляных работ и ущербу сельскохозяйственному производству, выражающемуся в снижении урожайности старопахотных земель в первые годы после переустройства.

Эффективность переустройства существенно снижается обстоятельствами организационного характера. Хотя по объему капиталовложений оно уже, по существу, превращается в специфическую самостоятельную отрасль водного хозяйства, в составе эксплуатационных органов нет специальных подразделений, отвечающих за переустройство. Следствием этого являются недостатки в планировании работ, отсутствие контроля за ними и учета их результативности. В частности, практически не учитываются показатели прироста полезной площади, экономии воды, степени повышения водообеспеченности и мелiorативного улучшения земель.

На основе анализа состояния переустройства, его недостатков и достигнутых успехов, тенденций развития и опыта прошлых этапов в САНИИРИ разработаны принципы и пути совершенствования этого мероприятия. Если на прошлых этапах главные проблемы,

которые приходилось решать при реализации переустройства, состояли в выполнении большого объема работ при недостатке механизмов и материалов, в разработке принципов планировки поверхности поливных участков, в выборе элементов техники полива, методики проектирования и других, т. е. в основном это были технические проблемы, то теперь главной проблемой становится организационно-техническое совершенствование всего комплекса мероприятий, связанных с переустройством.

Один из ведущих приемов совершенствования переустройства — осуществление принципа «комплексности» (Н. Т. Лактаев, В. А. Духовный, В. К. Тяп и другие, 1973—1974 гг.). Комплексное переустройство в отличие от распространенного на практике частичного, когда на объекте выполняется только переустройство оросительной сети или мелiorативное улучшение земель, или одна планировка поливных участков (очень редко сочетание их), предусматривает обязательное выполнение всех этих работ, и на их фоне — землеустройство, внедрение севооборотов, реконструкцию поселков и всех коммуникаций. Такой подход позволит решить проблему совершенствования систем на 20—30 лет, тогда как при частичном переустройстве неизбежно приходится после выполнения одного из видов работ возвращаться к другому и иногда полностью уничтожать его результаты. Так, если после выполнения планировки переустраивают оросительную или коллекторно-дренажную сеть, то планировать поливные участки приходится заново.

Вместе с тем комплексное переустройство учитывает необходимость переноса центра тяжести (в части затрат и технического уровня проектных решений) на те элементы, которые обеспечивают максимальную его эффективность. Например, на маловодных системах главные затраты приходится на оросительную сеть, на мелiorативно неблагоприятных — на коллекторно-дренажную. Технический же уровень второстепенных элементов систем не доводят (чтобы сократить затраты) до крайней степени совершенства, оставляя возможность их последующего улучшения, однако уже без нарушения ранее выполненных работ.

Данные принципы комплексного переустройства реализованы в составленной Узгипроводхозом схеме развития реконструкции оросительных систем в УзССР. Ею предусмотрено применение совершенных конструкций гидромелиоративных систем и средств полива с учетом природно-экономических условий: бетонированных, лотковых, трубчатых ороси-

тельных каналов, автоматизированных способов подачи воды в поливные борозды, гибких шлангов и полужестких трубопроводов, дождевания, вертикального и горизонтального закрытого дренажа.

Существенное обстоятельство, определяющее эффективность планирования переустройства, — информация об объеме предстоящих работ. Например, по оценке Узгипроводхоза, к 1971 г. предстояло переустроить около 1,5 млн. га, в упоминавшейся схеме 5 лет спустя площадь, подлежащая переустройству, оценивается в 1,645 млн. га, а по данным других организаций — от 1 до 2 млн. га. Естественно, при таких разноречивых оценках, обусловленных различием подхода и отсутствием необходимой информации, не представляется возможным установить оптимальные темпы проведения мероприятий, затраты на него и технический уровень совершенствования систем.

Основой планирования внутрихозяйственного переустройства должен быть кадастр систем, составляемый по объективной оценке их состояния в сопоставлении с оптимальным перспективным уровнем, до которого они будут усовершенствованы. Основа методики оценки — интегральный учет всех действующих факторов, определяющих состояние систем, и эффект, который может быть получен по каждому из них после переустройства системы.

Состояние внутрихозяйственных систем оценивается по следующим факторам: КПД оросительной сети, КПД техники полива и оросительная норма, степень засоления почвенного покрова и глубина уровня грунтовых вод, промывная норма, площадь поливных участков, коэффициенты земельного освоения и земельного использования, урожайность и себестоимость основной культуры. Для более исчерпывающей оценки нужно учитывать и другие факторы, однако анализ показывает, что они или менее значительны, или косвенно учтены в приведенных факторах, а часть из них не может быть оценена количественно.

Уровень систем по факторам оценки устанавливается на основе изучения их состояния, а уровни, которые будут достигнуты после переустройства, назначаются. Это динамические величины, изменяющиеся в пространстве (по регионам) и во времени. Они зависят от достигнутого уровня и темпов развития, материальных и технических ресурсов, водноресурсовой конъюнктуры, экономической целесообразности, социальных и других условий. Установление нужных уровней большинства

факторов — задача оптимизации соотношения затрат и обусловливаемого ими эффекта.

Составление кадастра систем на основе оценки их состояния позволит выявить те из них, которые подлежат переустройству, оптимально спланировать объем и темпы переустройства. Однако практически не представляется возможным осуществить переустройство одновременно на всех системах, поэтому важной задачей становится выбор первоочередных объектов. Это решается на двух последовательных уровнях: сначала производится выбор регионов преимущественного переустройства, затем — первоочередных объектов в их пределах.

Эффективность переустройства определяется следующими основными показателями: экономия воды, мелиоративное улучшение земель и увеличение полезной площади, повышение урожайности и производительности труда. Все это обеспечивает повышение эффективности использования земельно-водных ресурсов и увеличение продуктивности сельскохозяйственного производства. Естественно, в разных регионах суммарный эффект будет зависеть от его составляющих. Например, в одних регионах решающую роль может играть повышение водообеспеченности или мелиоративное улучшение земель, или прирост дополнительной площади и т. д., а в других — сочетание нескольких или всех этих составляющих. Во втором случае суммарный эффект и эффективность будут значительно большими. На них и следует в первую очередь сосредотачивать усилия, не прекращая, естественно, переустройства их в других, дающих меньший эффект, но сократив объем работ до экономически целесообразных пределов. Определяя регионы преимущественного переустройства, необходимо не только исходить из отношения ожидаемого эффекта к величине капиталовложений, но и учитывать уровень экономического развития региона и его обеспеченность строительной индустрией.

Региональный подход к переустройству обеспечит сосредоточенность и возможность учета эффекта, сокращение сроков, улучшение организации строительных работ благодаря большому их фронту и возможности маневра строительных организаций в течение всего годового цикла, повышение эффективности и качества строительства благодаря созданию необходимых материально-технических баз и специализации строительных организаций, увязку внутрихозяйственного и межхозяйственного переустройства.

В регионах выбираются в первую очередь наиболее эффективные объекты. Выбор их мо-

жет осуществляться разными методами: например, по балльной оценке основных показателей эффективности (В. А. Духовный, В. К. Тяп) или по разнице между существующим и будущим уровнем показателей (факторов). При любой методике выбора принципиальной основой ее является соотношение возможного эффекта и необходимых капиталовложений. При выборе объекта, помимо суммарного эффекта, учитывается значение каждого фактора, что позволяет устанавливать оптимальную комплексность переустройства, учитывающую необходимость выполнения наиболее актуальных и эффективных для каждого объекта видов работ.

При проектировании переустройства основой должна являться генеральная схема реконструкции межхозяйственной системы (межхозяйственного, межрайонного, магистрального канала). В ней решаются с учетом местных условий вопросы водозабора, технического уровня межхозяйственной и внутрихозяйственной систем, главная направленность переустройства (повышение водообеспеченности, мелноративное улучшение, автоматизация управления или оптимальное сочетание их), производится увязка межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, устанавливается последовательность выполнения работ. В техно-рабочих проектах по объектам на основе схемы разрабатываются конструктивные детали переустройства. Размер объекта совмещается в границах с внутрихозяйственной системой (колхоз, отделение совхоза, в крайнем случае агропроизводственный участок). Это позволяет более эффективно организовать строительные работы и учесть результативность переустройства, поскольку объект является предприятием водохозяйственно-локальным, имеющим замкнутый цикл хозяйственной деятельности.

Один из наиболее сложных моментов проектирования переустройства — радикальное улучшение формы поливных участков и планового положения гидромелноративной сети при максимальном сохранении существующей ситуации, в частности, трасс гидромелноративной сети. Соблюдение этого условия обеспечивает сокращение объемов земляных работ по ликвидации старой, строительству новой гидромелноративной сети и особенно по планировке поливных участков. В результате обеспечивается максимальное сохранение плодородия почвы и древесных насаждений, главным образом тутовых, вдоль каналов и по границам контуров.

Непременным элементом проекта должен быть детально разработанный в соответствии

с сельскохозяйственным производством график организации строительных работ. Основа его построения — стремление к минимальному вмешательству в сельскохозяйственный производственный процесс при возможно меньшей продолжительности переустройства. Считается, что наиболее удобен для производства строительных работ период с декабря по март, когда полевые работы (кроме промывки) не ведутся. Однако этот же период совпадает с наиболее неблагоприятными погодными условиями. Исследованиями САННИРП в Ташкентской и Хорезмской областях установлено (В. П. Ряслов, В. С. Крупник, Э. Э. Сейтумеров), что период, пригодный для массового строительства, может быть увеличен благодаря окончанию уборки хлопка-сырца на участках, выделенных для переустройства, к 10—15 октября. При нужном уровне организации уборки сокращение ее сроков потерь урожая практически не вызовет.

Однако для выравнивания загрузки строительных организаций во времени работы необходимо производить и в оставшуюся часть года с условием не нарушать подачу воды по оросительной сети. К таким видам работ относятся строительство закрытого горизонтального и вертикального дренажа, некоторых сооружений, перенос поселков и ряд других работ.

Одно из необходимых условий того, что проект будет осуществлен, — предварительное согласование между проектировщиками, строителями и хозяйствами-землепользователями сроков проектирования, начала и окончания строительства, а также графика строительства. При согласовании необходимо выделять площади, подлежащие переустройству, и намечать сроки освобождения их для строительства. Такой документ, имеющий юридическую силу, накладывает обязанности на участников переустройства и способствует более организованному его проведению.

Необходимо также предусматривать обязательный авторский надзор, обеспечивающий эффективную корректировку проектных решений в процессе их воплощения.

Помимо научно-технического обеспечения переустройства, повысить его эффективность и дальнейшее развитие нельзя без ряда организационных мероприятий. В связи с тем, что переустройство по объему работ и капиталовложений, по грандиозности задач и ожидаемой результативности превращается в самостоятельную отрасль водного хозяйства, оно нуждается в специальном руководящем органе. Этот орган должен быть наделен функциями планирования и финансирования, формиро-

вания технической политики, контроля за работами и их приемки, учета результативности мероприятий и отчетности по ним. Организационно он может представлять управление или главк в составе республиканского ММиВХ, аналогичный Главазмелиководстрою, или объединение, включающее строительные организации, проектное и научно-исследовательское подразделения.

Для участия в решении проблемы переустройства широкого круга инженерных и руководящих работников дополнительно можно создать советы по переустройству (в республиках, областях и, возможно, районах) из представителей партийных, советских, водохозяйственных и сельскохозяйственных органов, а также строительных организаций и хозяйств-водопользователей. Их функции должны состоять в оказании помощи органу по переустройству в формировании технической политики, выборе объектов, организации строительных работ, контроле их качества, приемке и учете результативности.

Выполнение строительных работ организациями, специализирующимися на переустройстве, обеспечит их эффективность и качество. Для выравнивания загрузки в течение года эти организации, помимо переустройства, могут выполнять другие работы (например, капитальное строительство и ремонт). Доля этих работ может зависеть от местных условий, однако во всех случаях выполнение плана по переустройству должно отражаться на оценке деятельности организации. Учитывая существенное увеличение объемов работ, необходимо предусмотреть создание новых строительных организаций, баз и предприятий стройиндустрии. Объем их будет зависеть от темпов переустройства и, в свою очередь, окажется существенным фактором, определяющим эти темпы.

Для повышения заинтересованности строительных организаций необходимо разработать специальные нормативы, учитывающие такие особенности переустройства, как незначительные удельные объемы работ, сложность их в осенне-зимний период, когда могут выполняться основные объемы.

Особое значение имеют приемка выполненных работ и отчетность. При приемке

главное внимание следует обращать на качество работ, так как при низком качестве эффективность действующего сельскохозяйственного предприятия может не только не повыситься, но снизиться. Необходимо учитывать эффект от переустройства по каждому составляющему элементу: повышение КПД оросительной сети и экономия воды, снижение уровня грунтовых вод, ввод в оборот неиспользованных земель, повышение КЗИ, улучшение рельефных условий поливных участков и применение предусмотренной проектом техники полива. В соответствии с меняющимися характеристиками внутрихозяйственных систем вносятся изменения в документацию хозяйств. Эффективность выполненных работ должна отражаться в отчетности по переустройству для анализа затрат и получаемых результатов.

Успех во многом зависит от отношения к мероприятию самих хозяйств-водопользователей. В большинстве случаев хозяйства не способствуют выполнению работ, так как они проводятся на действующем сельскохозяйственном предприятии, вызывая нарушение сложившегося технологического процесса, и даже вызывают в первые годы некоторое снижение урожайности сельхозкультур на участках, подвергнутых планировке поверхности. Без заинтересованности хозяйств успех мероприятий малореален, поэтому необходимы стимулы, способствующие его осуществлению. Таким стимулом, на наш взгляд, может стать сохранение хозяйственного плана валовой продукции до окончания переустройства. После завершения работ с учетом их результатов устанавливается новый план сельхозпроизводства.

Большое значение для развития переустройства имеет строительство опытно-показательных объектов в каждом природно-экономическом регионе. Помимо пропаганды переустройства, назначение их — исследование и отработка вопросов, основные из которых следующие: причины комплексности, оптимизация технического уровня систем, эффективность переустройства по составным элементам, организация строительных работ, социально-психологические аспекты переустройства.

Охрана водоемов Средней Азии от всех видов загрязнения—очень сложная задача, решить которую можно лишь путем осуществления комплекса организационных и технических мероприятий. Наиболее существенный прием борьбы с загрязнением водоемов различными по происхождению, составу и концентрации сточными водами — их очистка.

Современные химические, физико-химические и биологические методы очистки позволяют в значительной мере удалить из сточных вод загрязняющие вещества. Однако при бурно развивающейся промышленности даже высокая степень очистки не всегда решает проблему санитарной защиты водоемов, так как абсолютное количество остающихся после очистки загрязнений все возрастает. Поэтому главное направление в решении проблемы защиты водоемов от загрязнения — комплексные мероприятия, включающие уменьшение количества сточных вод и концентрацию сбрасываемых с ними загрязнений путем совершенствования технологии производства, введения оборотной системы водоснабжения, внедрения в практику современных, более эффективных методов очистки.

Значительный экономический эффект можно получить при рациональном использовании самоочищающей способности водоемов, столь характерной для Средней Азии, в частности для джуто-кенафных стоков. В связи с этим возникает задача разработки научно обоснованных объемов сброса сточных вод, т. е. определение предельно допустимых величин стока исходя из учета самоочищающей способности водоема.

Один из основных загрязнителей водотоков Средней Азии — стоки поверхностных и дренажных вод, отводимые с сельскохозяйственных угодий, изменяющие солевой состав рек, вносящие биогенные компоненты и ядохимикаты. Для охраны водотоков от загрязнения

должен быть разработан комплекс водоохраных мероприятий, направленных на очистку водоемов и на повторное использование очищенных вод или в смеси с поверхностными коллекторно-дренажных стоков.

Основные потребители водных ресурсов: орошаемое земледелие, промышленность и коммунально-бытовое хозяйство.

Около 40% потребляемой воды возвращается в водоемы в виде промышленных, хозяйственно-бытовых сточных вод и коллекторных стоков с полей орошения. Все стоки, несмотря на процессы самоочищения, загрязняют водоемы Средней Азии. Резко ухудшаются физико-химические, биолого-бактериологические показатели качества воды, изменяются органолептические свойства, некоторые водоемы становятся непригодными для питьевого водоснабжения, рыбного хозяйства, а иногда даже хозяйственно-бытового, промышленного водопользования и орошения.

Одни из основных загрязнителей водных ресурсов бассейна р. Сырдарьи — коллекторно-дренажные воды с полей орошения, обладающие большой минерализацией, содержащие ядохимикаты, гербициды в виде хлорорганических и фосфорорганических соединений. По данным САНИИРИ, минерализация коллекторных вод по Ферганской долине составляет 2—4 г/л, по Голодной степи 3—5.

Некоторое увеличение минерализации речных вод происходит за счет испарения с поверхности водохранилищ. Так, в Чардаринском, Ташкентском и Кайраккумском водохранилищах минерализация за счет испарения повышается на 5—7% в среднем по водности году.

БАССЕЙН СЫРДАРЬИ

При сбросе 10—12 км³ коллекторных вод минерализация реки в створе Каль составляет 0,63 г/л, в Кайраккумском водохранили-

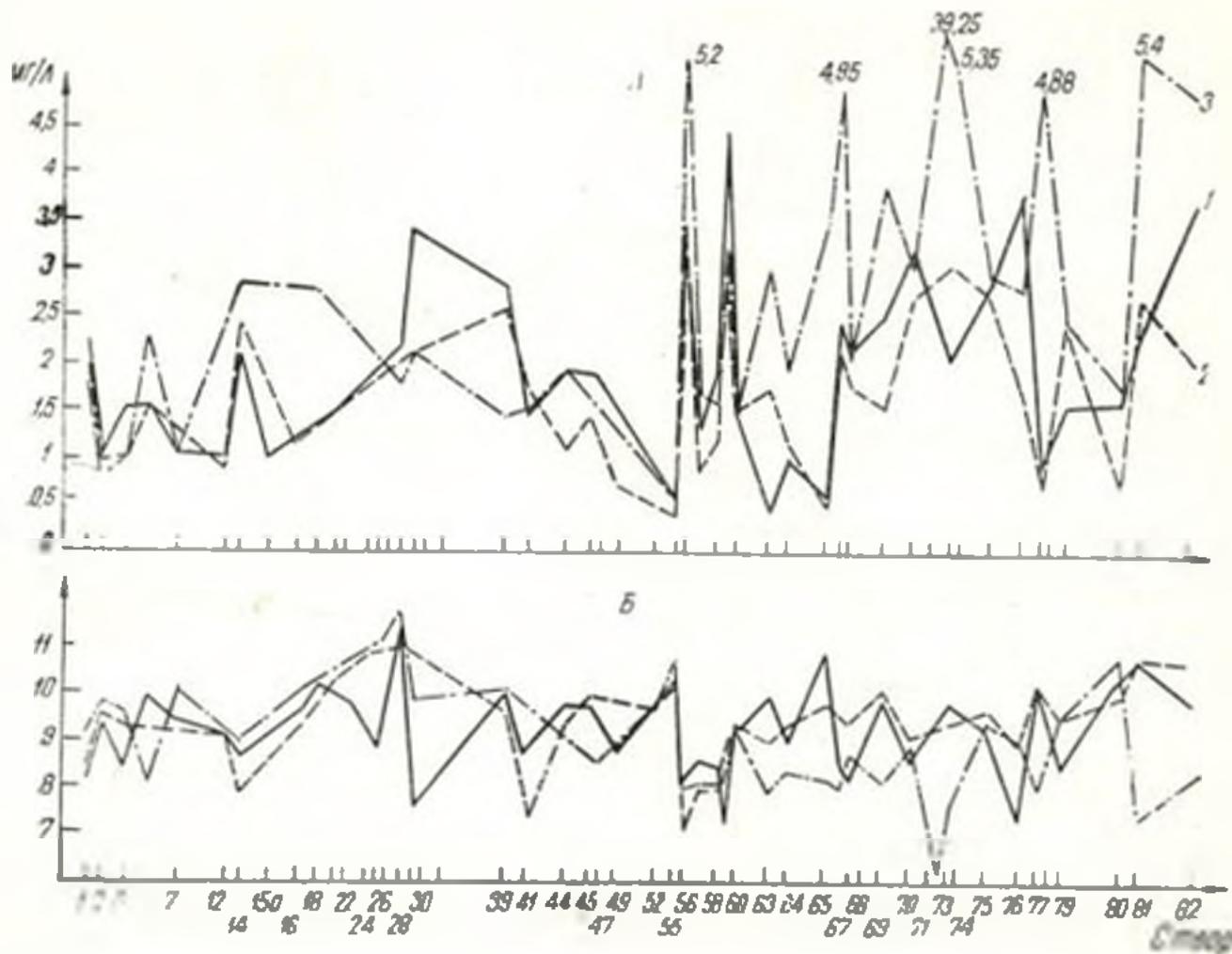


Рис. 34. Изменение БПК₅ (А) и кислорода (Б) в период паводка по р. Сырдарье:
1 — левый берег, 2 — середина, 3 — правый берег.

ще — 0,95 г/л, в Чардаринском (за счет впадения поверхностных слабоминерализованных рек — Ахангарана, Чирчика, Бозсу) — 0,74 г/л, в Казалинске — 1 г/л. Таким образом, от истока до устья Сырдарья повышает минерализацию.

В зависимости от уровня минерализации меняется ионный состав воды. До 0,5—0,7 г/л преобладают ионы HCO_3 , выше — SO_4 . Среди катионов до 0,6—0,8 г/л преобладают катионы Са, при большей минерализации — Mg, а также Na. Следовательно, повышение минерализации будет сопровождаться насыщением легкорастворимыми солями, т. е. Na, Cl, SO_4 и отчасти Mg, что снижает качество оросительной воды и урожайность сельхозкультур (рис. 34, 35).

Минерализация Ахангарана также зависит от сбросов коллекторно-дренажных вод с полей орошения, имеющих плотный остаток 1—3 г/л. Она изменяется в значительных пределах. Для среднего по водообеспеченности года плотный остаток у верхнего Чилисайского створа составил 0,05 г/л, у Карахтайского 0,3, после Ташкентского водохрани-

лища 0,4, после сбросов коллекторно-дренажных вод достигал 1,0 г/л. Минимальная минерализация в устье в период паводка равна 0,7 г/л, в межень возрастает.

Изменяется соответственно и жесткость воды. У верхнего створа она составляет 0,8—2 мг-экв/л, в Ташкентском водохранилище в период сработки — 5 и в устье до 10 мг-экв/л.

Повышение минерализации воды сопровождается изменением ионного состава, увеличивается содержание легкорастворимых солей.

Минерализация Чирчика также резко меняется от истока до устья. В верхнем створе от Чарвакского водохранилища до Кайраккумского она незначительна, в пределах 0,07—0,24 г/л, в среднем течении — 0,25—0,5 г/л. Жесткость 2—3,5 мг-экв/л. Повышение плотного остатка у данных створов объясняется не только коллекторными сбросами, но и стоками крупных промышленных объектов.

В устье минерализация достигает 0,6—0,8 г/л, жесткость — 5—7 мг-экв/л за счет сбросов коллекторно-дренажных вод, а также стока Салара. Наибольшая минерализация и жесткость воды до 15 мг-экв/л отмечены в ав-

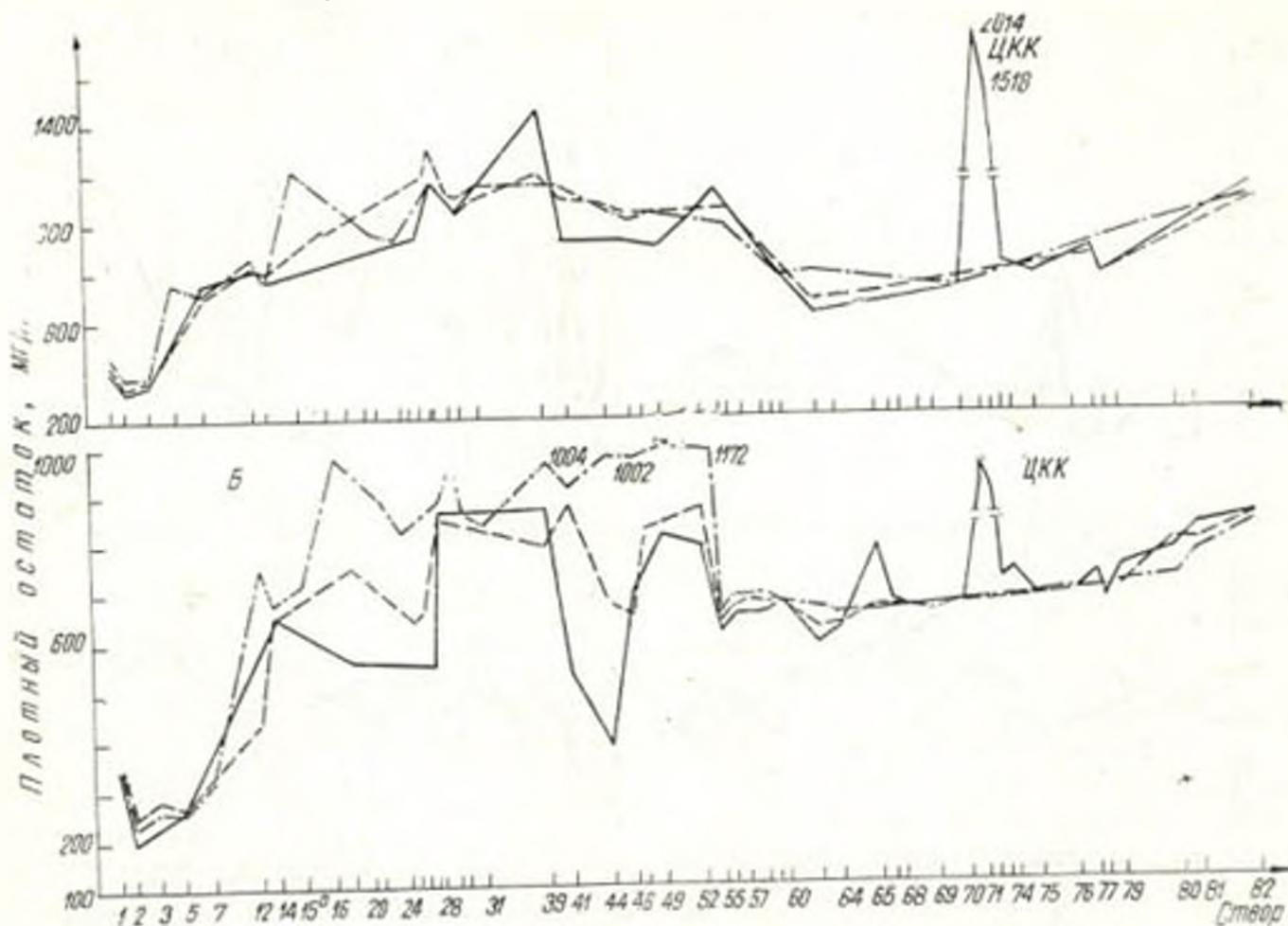


Рис. 35. Изменение плотного остатка в период паводка и межени по р. Сырдарье:

а — минерализация плотного остатка в период паводка, б — то же в межени, 1 — правый берег, 2 — середина, 3 — левый берег, створы: 1 — Карадарья, 2 — Нарын, 3 — Сырдарья, 14а — Мглоу-Таук, 16—22 — Кайраккумское водохранилище, 39 — до в. Ахангарана, 47—54 — Чардаринское водохранилище, 56 — после г. Чардара, 60 — до в. Армын, 71 — после ЦКК — 22 м, 77 — Джусалы, 79 — после Джусалы, 80 — до Тюратама, 82 — до Казалинска.

густе из-за максимального сброса коллекторно-дренажных вод и минимальных расходов по реке.

Таким образом, хотя минерализация реки не превышает допустимых норм от истока до устья, она увеличивается в 9 раз — с 0,09 до 0,8 г/л.

БАССЕЙН АМУДАРЬИ

Современное состояние и ретроспектива изменений качества вод бассейна Амударьи оценивается по показателям минерализации, основным ионам (SO_4^{2-} , Cl , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+}), показателям органического загрязнения (БПК₅, ХПК, перманганатной окисляемости), нитратам, аммиаку и другим (рис. 36).

Для Вахша характерна повышенная минерализация, до 1000 мг/л. Максимальная минерализация отмечена зимой и обусловлена грунтовым питанием реки. Для ионного состава в течение большей части года характерно преобладание ионов SO_4 и Cl . Вода зимой

жесткая, летом — умеренно жесткая. Повышенная минерализация обусловлена наличием в горах соленосных пород. Притоки Вахша Муксу и Обихингоу имеют небольшую минерализацию воды (153—367 мг/л). Для Муксу характерно преобладание SO_4 , для Обихингоу — Cl . Хотя Вахш является приемником стоков г. Нурека и Вахшского азотно-тукового комбината, влияние данных сбросов на степень загрязнения Вахша незначительно вследствие большого разбавления стоков речной водой. Так, в воде Вахша содержание аммиака после сбросов азотно-тукового комбината увеличивается с 0,051 до 0,38 мг/л, нитратов — 0,017 до 0,044. Река относится к чистым водотокам.

Большинство рек бассейна Пянджа Гунт, Бартанг, Ягулем, Ванч и другие имеют небольшую минерализацию. Минимальная наблюдается в июле — августе, в период таяния высокогорных снегов и ледников. В период преобладания грунтового питания (апрель — октябрь) отмечена максимальная минерализация воды (200—500 мг/л). Высокую минера-

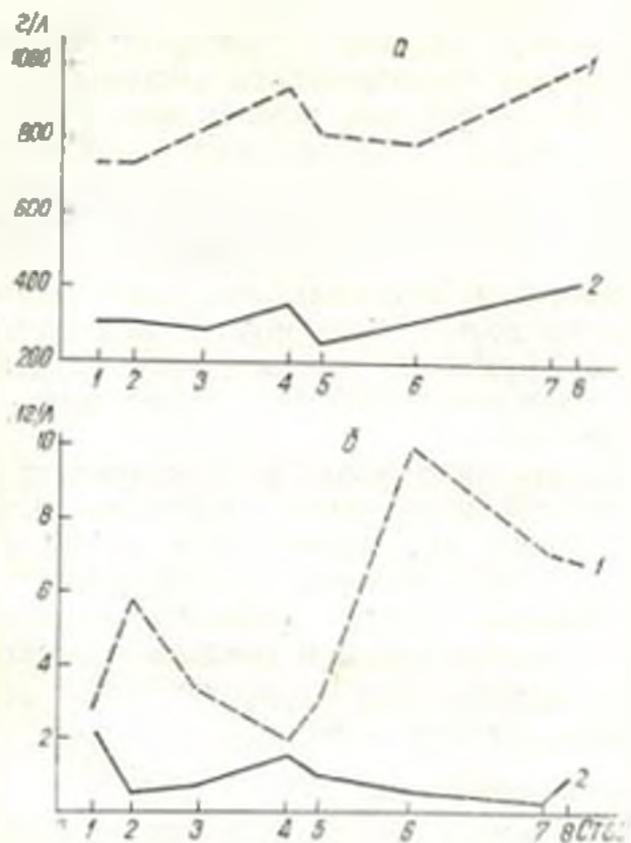


Рис. 35. Характеристика качества воды р. Амударья:

а — минерализация, б — окисляемость перманганатная, створы: 1 — Термез, 2 — водозабор Каракумского канала, 3 — Керки, 4 — Чарджоу, 5 — Ильчик, 6 — Тюнмуюн, 7 — Чардым, 8 — Тиммалжар. Цифры у кривых: 1 — минимальный уровень, 2 — максимальный.

лизацию в бассейне Пянджа имеют Кызылсу и ее притоки Яхсу и Таирсу. Вода этих рек более жесткая, чем в вышеописанных реках.

Пяндж и ее притоки почти не получают промышленного и хозяйственно-бытового загрязнения. Исключение составляет Яхсу, принимающая сточные воды г. Куляба. Яхсу ниже сбросов г. Куляба и Кызылсу, притоком которой она является, имеет значительное органическое загрязнение.

Кафирниган от истока (пост Чинар) до впадения Варзоба (Душанбедарья) имеет небольшую минерализацию (116—417 мг/л) и незначительное органическое загрязнение, которое характеризуется БПК₅, равной 0,4—2,4 мг/л, и перманганатной окисляемостью 0,5—1,6. Впадение загрязненных вод Душанбедарьи в Кафирниган ухудшает качество воды последней. Ниже сброса правобережной канализации г. Душанбе БПК воды Кафирнигана возрастает иногда до 6,4 мг/л, ХПК — до 15,8 мг/л. В нижних створах качество речной воды по показателям органического загрязнения улучшается за счет процессов самоочищения и перед впадением в Амударью вода имеет БПК₅ 0,3—1,6 мг/л, ХПК 7,4—8,6, содержит 7,6—12,6 мг/л растворенного кислорода.

Сурхандарья характеризуется более повышенной минерализацией воды, которая возрастает от истока к устью. Подобное увеличение минерализации и общей жесткости речной воды от истока до устья происходит вследствие поступления в реку коллекторно-дренажных вод. Ион SO_4 — основная часть солевого состава воды Сурхандарьи. Его наращивание происходит в прямой пропорциональной зависимости от величины сухого остатка: от 67,4 (исток) до 435 мг/л (устье).

Сурхандарья получает органическое загрязнение от сбросов промышленных и хозяйственно-бытовых стоков Денау, Джаркургана, Термеза.

Вследствие влияния Южно-Сурханского водохранилища происходит некоторое самоочищение речной воды, снижаются некоторые показатели органического загрязнения, и только ниже Джаркургана и после сбросов очистных сооружений Термеза качество воды вновь несколько ухудшается.

Шерабад характеризуется высокой природной минерализацией и повышенным содержанием ионов S_4 (до 584,3 мг/л) и Cl^- (до 816,9 мг/л). Высокая минерализация речной воды объясняется тем, что бассейн реки сложен засоленными отложениями верхнего олигоцена — миоцена. Вода очень жесткая.

В верхнем и среднем течении Амударьи минерализация изменяется от 340—730 (у пристани Термез) до 540—780 мг/л (у Тюнмуюна). Общий ход изменения минерализации находится в обратной зависимости от расхода реки. По створам этот показатель изменяется следующим образом: в створе Термез в паводок 300—410 мг/л, в межень — 600—730, в створе водозабора Каракумского канала соответственно 300—410 и 600—730, в створе Керки — 280—690 и 460—820, у г. Чарджоу — 340—640 и 480—930, у кишлака Ильчик — 240—790 и 430—910, в теснине Тюнмуюн — 290—660 и 540—780.

Увеличение минерализации вниз по течению реки происходит из-за поступления возвратных вод с полей орошения, смыва выветов солей с поверхности почвы, испарения и т. д. Содержание ионов в речной воде в течение года распределяется следующим образом: HCO_3^- содержится в пределах 5—25% экв, SO_4^{2-} — 15—25% экв, Cl^- — 10—25% экв. В паводок преобладает HCO_3^- , в межень SO_4^{2-} и Cl^- . В маловодные 1974—1975 годы минерализация Амударьи не претерпела рез-

ких изменений, в основном она не превысила ПДК.

Органическое загрязнение речной воды отмечено в основном ниже Термеза, Чарджоу. Вследствие процессов самоочищения качество воды улучшается и органическое загрязнение речной воды находится в допустимых нормах.

Содержание растворенного кислорода находится в пределах 8,6—9,8 мг/л, т. е. ниже ПДК. Однако после Термеза, Чарджоу и других городов может наблюдаться некоторое снижение концентрации растворенного кислорода ниже ПДК.

Содержание биогенных компонентов в воде Амударьи находится в следующих пределах: аммиак 0,0—0,95 мг/л, нитраты — 0,10—7,97, фосфаты — 0,002—0,06. Указанные биогенные компоненты появляются за счет смыва биогенных веществ с поверхности почвы. Однако на участках ниже Термеза, Чарджоу и других можно ожидать увеличения компонентов азотной группы за указанные пределы от хозяйственно-бытового загрязнения.

В нижнем течении р. Амударьи минерализация воды изменяется в пределах 293,0—1000,0 мг/л. Максимальные величины минерализации наблюдаются в период зимней межени, минимальные — в паводок. Для ионного состава речной воды характерно преобладание в межень ионов Cl^- , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, в паводок — HCO_3^- , Ca^{2+} в период подъема и спада паводка SO_4^{2-} , Ca^{2+} . Поскольку влияние антропогенного фактора на качество воды Амударьи незначительно, маловодные годы (1974—1976) существенно не изменяют минерализации речной воды в нижнем течении.

Содержание биогенных компонентов в речной воде изменяется в следующих пределах: аммиак — 0—0,95, нитраты — 0,0—7,95.

Содержание растворенного кислорода в воде низовьев Амударьи составляет 7,0—12,8 мг/л, что соответствует 54—105% полного насыщения. Хотя данные о концентрации кислорода находятся в пределах нормы, однако снижение его в створе Чатлы свидетельствует о хозяйственно-бытовом загрязнении воды.

Дельтовая область Амударьи. Основной сброс амударьинской воды в Аральском море происходит через систему рукавов Инженер-Узьяк, Ордабай, Аккай. С уменьшением стока Амударьи и отступлением моря протоки правобережной дельты (Чортамбай, Еркендарья и др.) превратились в сухие русла. Казахдарья и Кунядарья питаются речной водой только в период паводка. Уменьшение стока по р. Кипчакдарье и полное усыхание

Приемузьяка и Талдыка привело к сокращению разливов Караджарской системы и прекращению поступления речных вод в северо-западную часть дельты. Указанная гидрологическая особенность района определяет неоднородность гидрохимического режима водоемов дельты. В действующих круглый год рукавах и протоках дельтовой области химический состав формируется под влиянием стока Амударьи, а в водотоках, отделенных от главного русла, — под влиянием местных условий.

Минерализация воды в действующих рукавах Амударьи составляет в створе Кызылджар 395—995 мг/л, Техник-Аул — 303—658, Заир — 329—877, Темирбай — 356—853.

По ионному составу речная вода дельты близка воде в верхнем и среднем течении: в межень преобладают ионы Cl^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, в паводок — HCO_3^- , Ca^{2+} , а в период подъема и спада паводка SO_4^{2-} и Ca^{2+} .

Вода Кипчакдарьи в период летнего паводка не отличается по составу от воды других рукавов дельты, однако в межень после прекращения поверхностного стока и в связи с усилением влияния подземного питания минерализация воды возрастает. Аналогичное явление наблюдается и по Кунядарье. В Казахдарье в период питания за счет морской воды минерализация находится в пределах 12500—19600 мг/л с преобладанием ионов Cl^- и $\text{Na}^+ + \text{K}^+$.

Окисляемость воды Амударьи находится в пределах 0,8—7,9, Кунядарьи — 5,9—22,6, Казахдарьи — 3,6—13,2 мг/л.

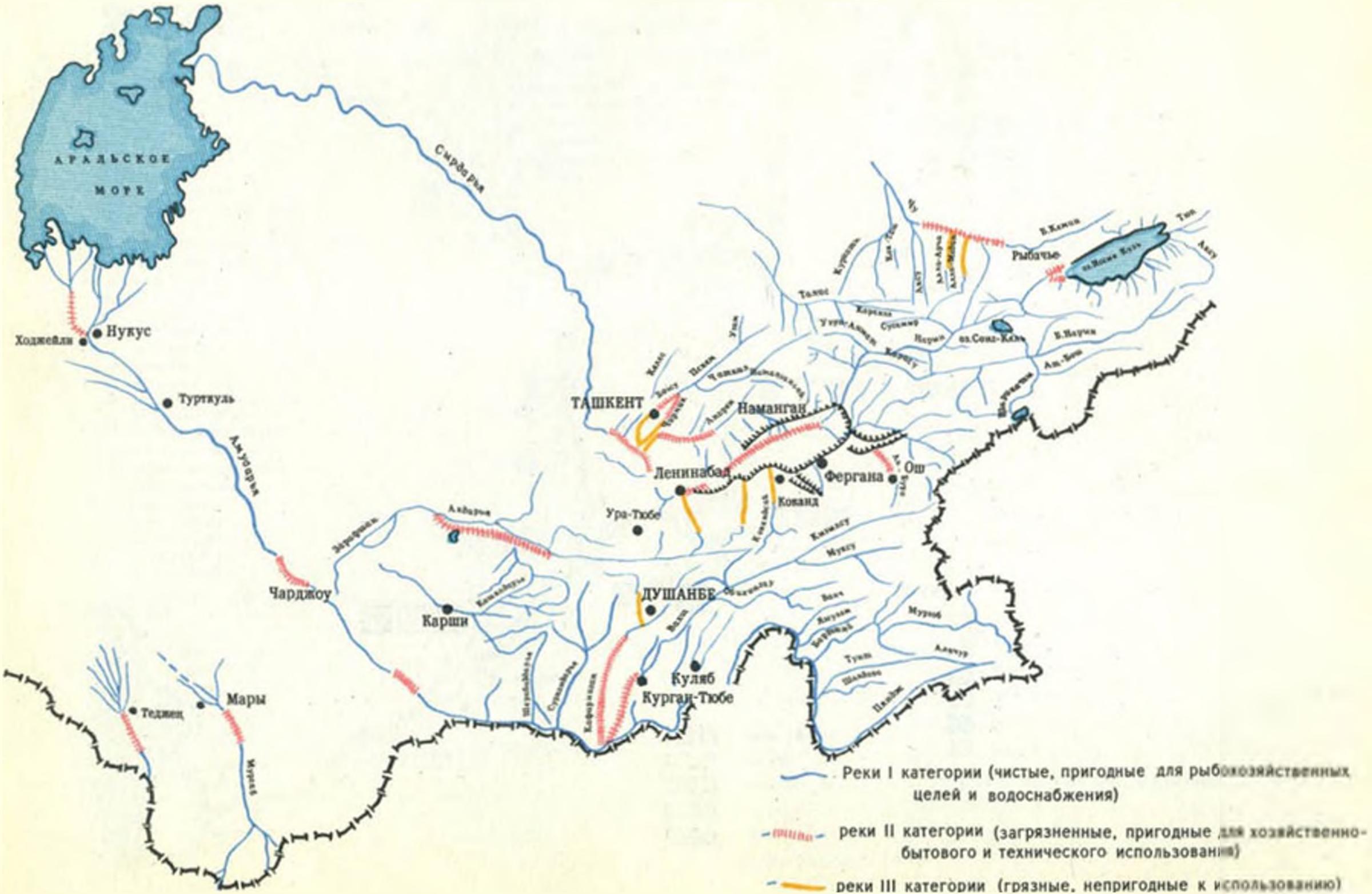
В связи с прогрессирующим сокращением стока воды Амударьи в Аральское море резко меняется картина действующих рукавов—протоков, происходит отмирание некоторых из них, поэтому существенно изменяется и минерализация стока рек в дельте.

Максимальные величины растворенного кислорода наблюдаются в речной воде в зимний период, летом концентрация кислорода падает.

В заключение необходимо отметить, что формирование качества воды бассейна Амударьи происходит в основном за счет факторов природного характера. Роль антропогенного фактора проявляется только на некоторых участках реки и ее притоков: по Кафирнигану ниже Душанбе, по Сурхандарье, по Амударье в пределах Сурхандарьинской области, а также ниже Чарджоу, Нукуса, Ходжейли и др.

Минерализация воды Амударьи изменяется по створам следующим образом: в створе

Схема загрязнения рек Узбекской ССР



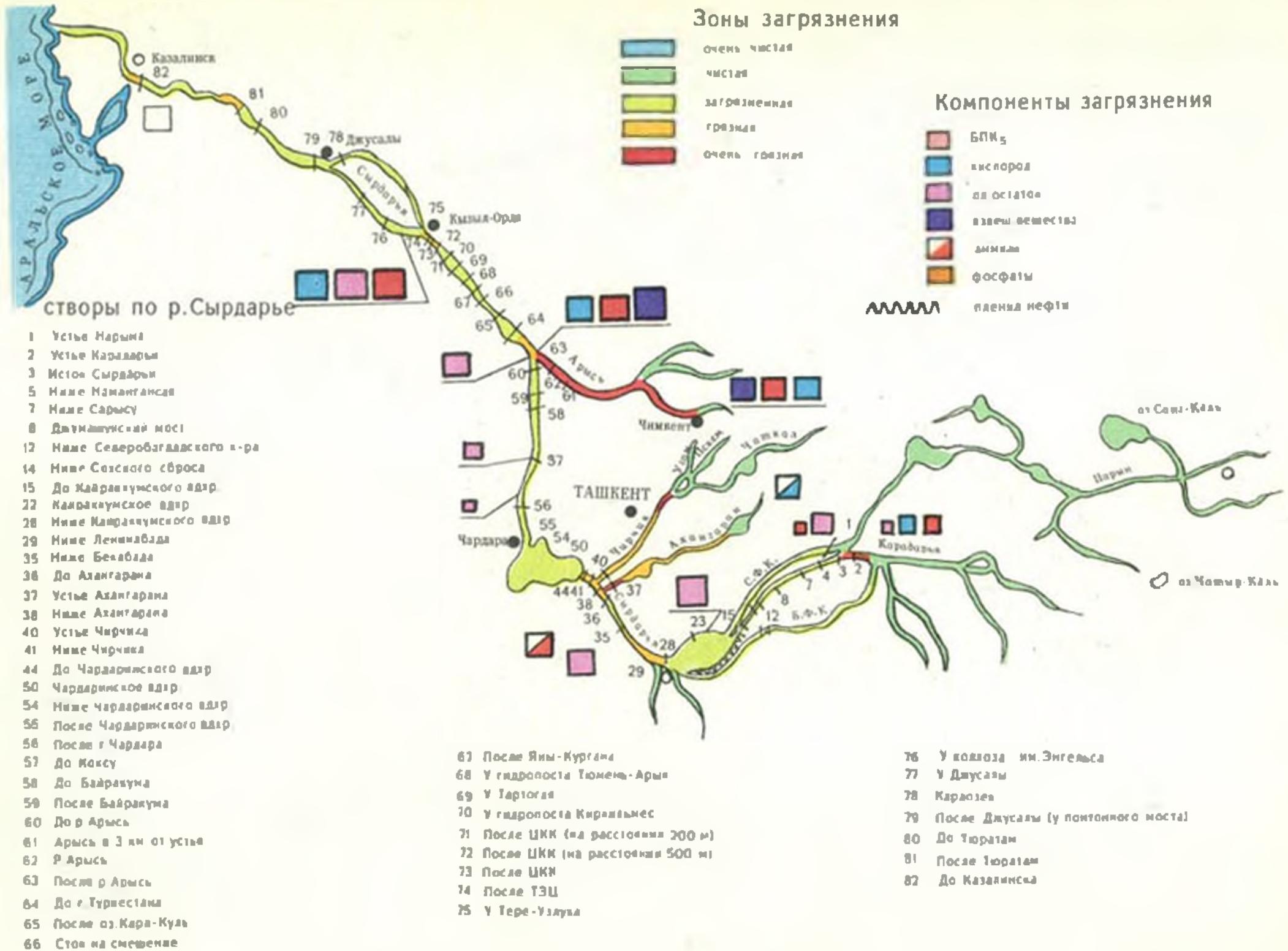
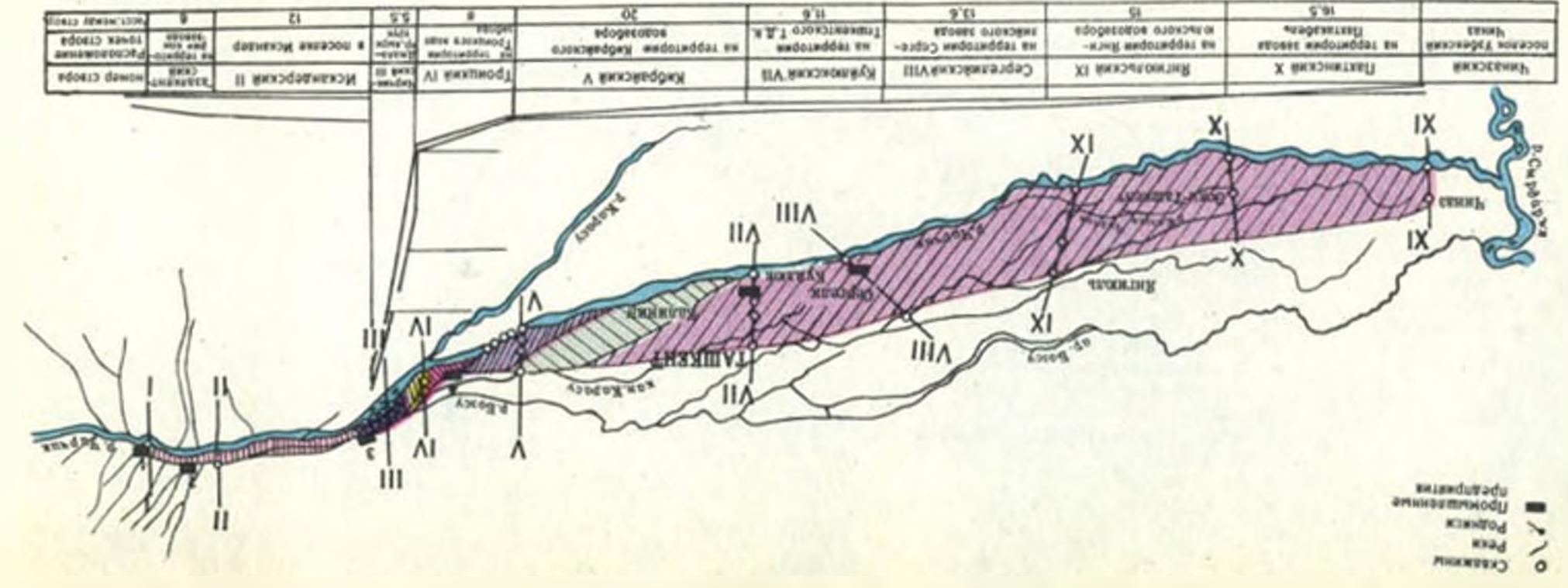
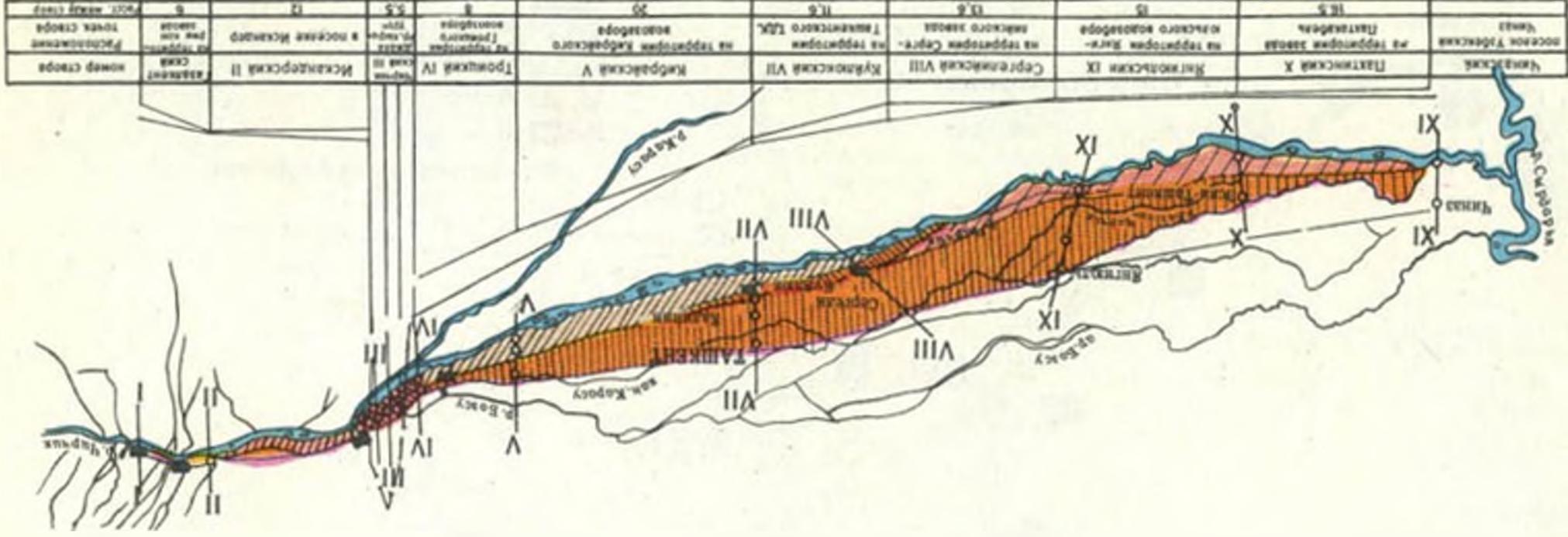


Схема качества воды р.Сырдарьи (от истока до Аральского моря)
межень



Схема зарязнения подруслового потока долины р. Чирчыка



0/10
 Схемный
 Рельеф
 Подпик
 Промышленные
 предприятия

Термез в паводок — 300 мг/л, в створе водозабора Каракумского канала — 300—730, в створе Керки — 280—820, у Чарджоу—340—930, у кишлака Ильчик — 240—810, в створе Тюямуюн — 290—780, в створе Чатлы (Нукус) — 290—1000.

На основании анализа многолетних наблюдений Амударьи можно сделать вывод о том, что минерализация реки возросла незначительно. Так, если в 1910—1913 гг. в створе Керки она составляла 230—640 мг/л, а у Нукуса 300—680 мг/л, то к 1978 г. она возросла у Керки до 300—820 и у Нукуса до 290—780 мг/л.

Органическое загрязнение вод бассейна р. Амударьи невелико. Содержание растворенного кислорода в речной воде в бассейне Амударьи находится в пределах ПДК.

Индекс качества воды Амударьи в течение десятилетия почти не изменился, он колеблется в пределах 3,70—4,36, что по классификации соответствует воде хорошего качества.

Таким образом, Амударья — одна из наименее загрязненных рек Средней Азии. Качество ее воды почти не изменилось под влиянием антропогенных факторов. Однако с дальнейшим освоением земель и повышением сбросов минерализованных коллекторно-дренажных вод в реку, а также в связи с предполагаемым перебросом коллекторно-дренажных вод Хорезмской области и КК АССР в низовья Амударьи этот показатель увеличится, что обуславливает необходимость разработки комплекса водоохранных мероприятий для Амударьи.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОТОКОВ ЯДОХИМИКАТАМИ И УДОБРЕНИЯМИ

Химическая защита растений от вредителей и внесение минеральных удобрений способствуют повышению урожайности сельхозкультур и в то же время загрязняют оросительные воды.

Узбекистан занял одно из первых мест в Союзе по использованию пестицидов, количество их на 1 га сельскохозяйственных угодий составляло 34,4 кг/га, тогда как в РСФСР 1,1 кг/га, в прибалтийских республиках 0,6—0,8, на Украине 2,32, в Белоруссии 1,73.

В орошаемом земледелии Средней Азии применяются хлорорганические пестициды (гексахлоран, гептахлор и др.) и фосфорорганические препараты (рогор и его аналоги, хлорофос, карбофос, октаметил, тиофос, антио и др.).

С целью опрыскивания хлопчатника против сосущих вредителей применяются полидо-

фен, БИ-58, рогор, антио, диметоат, метилмеркаптофос, тиофос (фосфорорганические препараты), севин (производное карбаминной кислоты). В борьбе с хлопковой совкой и карадринной растенне опыляется ДЦТ, гексахлораном и др.

Установлено, что при широком использовании химических средств защиты растений можно значительно повысить урожайность хлопчатника. Однако широкое их использование без соответствующих водоохранных мер может привести к загрязнению поверхностных, грунтовых и артезианских вод.

Загрязнение водоемов химикатами и удобрениями может происходить при сбросе коллекторно-дренажных вод с полей орошения, в результате смыва химикатов с поверхности почв (в основном со сбросными водами), при борьбе с вредителями, при спуске сточных вод с промышленных объектов, вырабатывающих ядохимикаты и др.

Н. И. Сметанин, А. З. Захидов, Р. А. Якубова, Е. С. Коган, Ш. Т. Атабаев, А. П. Орлова и другие изучали влияние ядохимикатов на степень загрязнения водных ресурсов Узбекистана. В САННИИР (А. П. Орлова, Л. В. Ярошенко) исследовали вынос ядохимикатов и удобрений с хлопкового поля. Установлено присутствие рогора и метилмеркаптофоса в водотоках Узбекистана.

На участке от Чардаринского водохранилища до Казалинска указанные компоненты не были обнаружены.

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УЗБЕКИСТАНА

Водотоки в зависимости от степени их загрязнения можно разбить на три категории: чистые, пригодные для водоснабжения, рыбохозяйственного использования и хозяйственно-бытовых целей, загрязненные, пригодные для хозяйственно-бытового и технического использования, но непригодные для централизованного водоснабжения и рыбного хозяйства, грязные, непригодные к использованию без очистки.

Реки Средней Азии, в том числе Узбекской ССР, относятся в основном к чистым водотокам. Только некоторые участки крупных рек, каналов и часть небольших рек относятся к водотокам второй и иногда третьей категорий. Эти реки и каналы расположены главным образом в крупных промышленных районах: в Чирчик-Ангренском бассейне и Ферганской долине, в городах Ташкенте, Ангрене, Маргилане, Фергане, Чирчике, Алмалыке,

Янгюле. Так, к водотокам второй категории относятся Чирчик на участке до пос. Газалкент, Ахангаран — от гор. Ангрена до Ташкентского водохранилища, Карадарья, Зарафшан — от Самарканда до Каттакурганского водохранилища, каналы Бозсу, Бурджар, Анхор, Карасу, Шарихансай.

Сырдарья образована слиянием Нарына (водоток первой категории) и Карадарьи (второй). До сброса Наманганская Сырдарья можно отнести к чистым рекам, после впадения Наманганская, Шариханская, Маргиланская, Кокандская — она в отдельные периоды может превратиться в водоток второй категории.

Ниже по течению воды реки за счет самоочищения улучшаются и водоток можно отнести к первой категории; только после сброса коллекторно-дренажных вод с территории Голодной степи на отдельных участках ее можно вновь отнести к водотоку второй категории (на расстоянии 18 км).

Амударья считается чистой рекой. Только у пристани Ходжейли водоток несколько загрязняется отходами водного транспорта, превращаясь на коротком участке в водоток второй категории.

В ММиВХ УзССР в 1960 г. было организовано Управление по использованию и охране поверхностных и подземных водных ресурсов, преобразованное в 1970 г. в Главное управление по использованию и охране поверхностных и подземных водных ресурсов ГУВР с 11 областными бассейновыми инспекциями. ГУВР ведет государственный надзор за учетом и рациональным использованием водных ресурсов, за мероприятиями по охране водоемов от загрязнения, а также решает вопросы водоснабжения и канализации строящихся объектов на стадии выбора площадки.

ГУВР принимает активное участие в подготовке постановлений правительства по развитию водопроводно-канализационного хозяйства, улучшению водоснабжения сельских населенных мест, усилению охраны и использованию подземных вод.

ГУВР систематически проводит работу по улучшению состояния водосточников Узбекистана. Выявлены наиболее опасные загрязнители водоемов; достаточно точно установлена степень загрязнения рек. Взято на учет свыше 800 крупных промышленных предприятий, потребляющих свежую и сбрасывающих отработанную воду в водоемы. Зарегистрировано 650 наиболее крупных промышленных и коммунальных предприятий со стоком свыше 100 м³/сутки.

Целый ряд крупных предприятий подключился к городским канализациям или постро-

ил собственные очистные сооружения. ГУВР регулярно принимает участие в работе государственных комиссий по приемке в эксплуатацию промышленных и других объектов.

В густонаселенных местностях с высоко развитой промышленностью сточные воды с высокой концентрацией вредных примесей представляют большую опасность. В Узбекской ССР можно выделить три района: Чирчик-Ангренский, Зарафшанский и бассейн рек Ферганской долины, крупные предприятия которых находятся на особом учете ГУВР, к ним предъявляются наиболее строгие и жесткие требования.

Эксплуатация действующих на предприятиях очистных сооружений периодически проверяется. Регистрация водопотребителей дала возможность получить более точные сведения о сбросе сточных вод в республике.

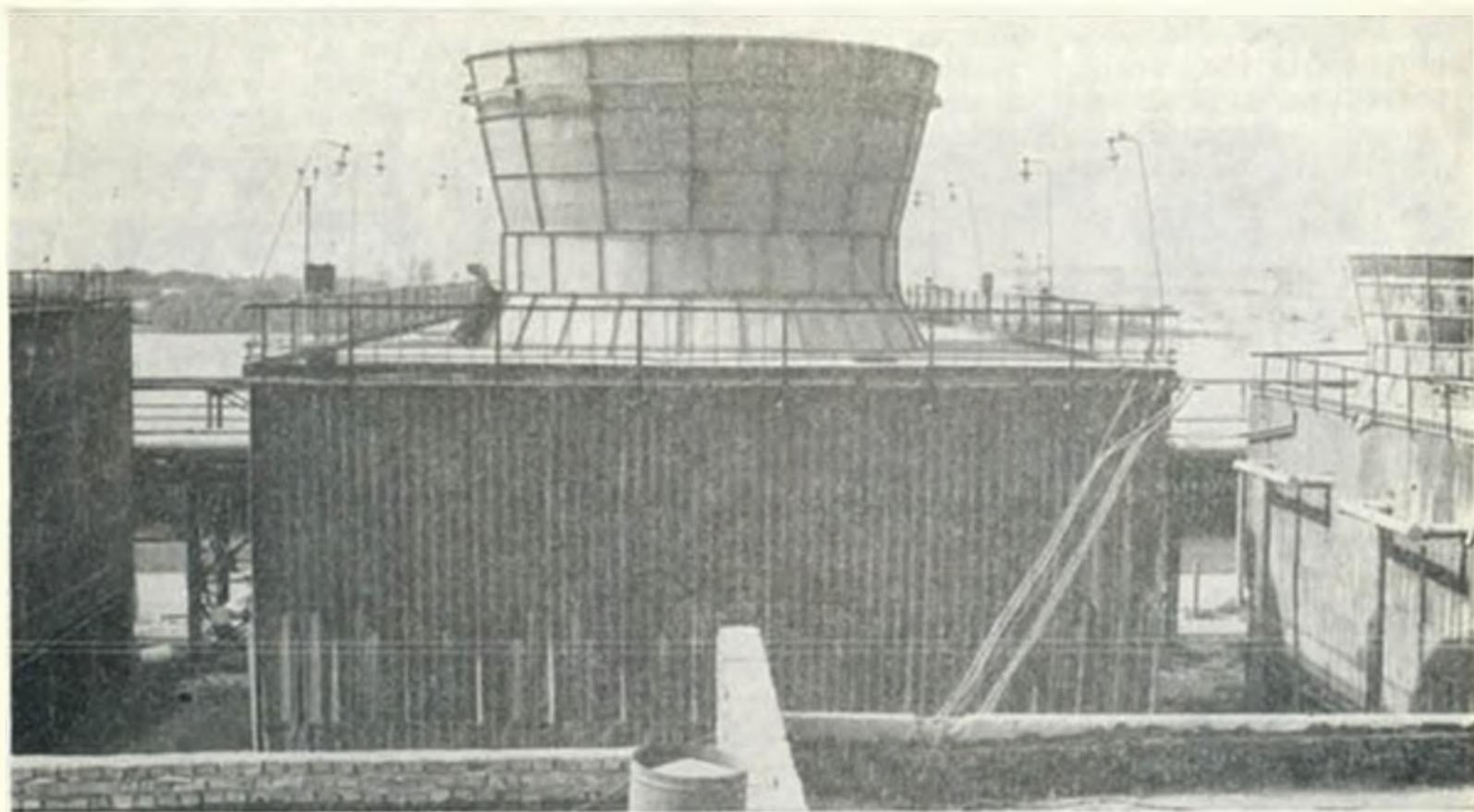
После заполнения анкеты и паспорта представитель органов контроля по использованию и охране водных ресурсов с санитарным врачом областной или районной санитарно-эпидемиологической станции дает заключение об эффективности работы очистных сооружений. При нарушениях правил сброса сточных вод выдаются предписания о принятии необходимых мер к устранению нарушений в установленный срок. В случае невыполнения предписаний на виновников накладываются штрафы. Руководители таких предприятий вызываются на заседания городских и областных исполнительных комитетов Советов депутатов трудящихся, злостные нарушители — на коллегию ММиВХ УзССР.

Особое место отводится согласованию перспективных генеральных схем комплексного использования Амударьи, Сырдарьи и Аральского моря.

В связи с благоприятными климатическими условиями Узбекистана для некоторых производств с небольшим объемом сточных вод предлагались почвенные методы биологической очистки, рекомендовалось сооружение биологических прудов и циркуляционных окислительных каналов.

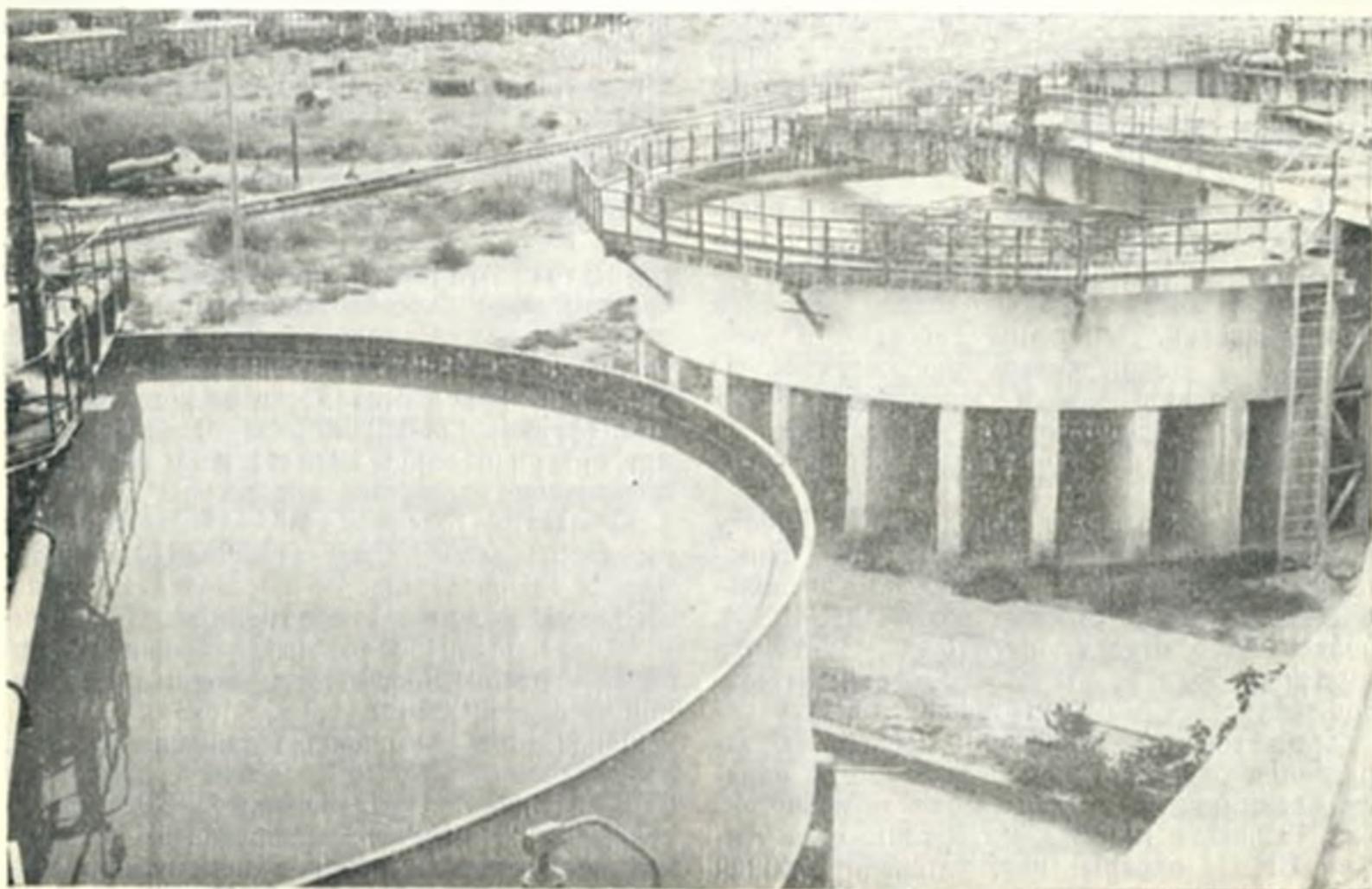
Большое место в работе ГУВР отводится контролю за строительством локальных заводских, а в ряде случаев и цеховых очистных сооружений. Это продиктовано тем, что темпы строительства промышленности еще опережают темпы строительства канализации.

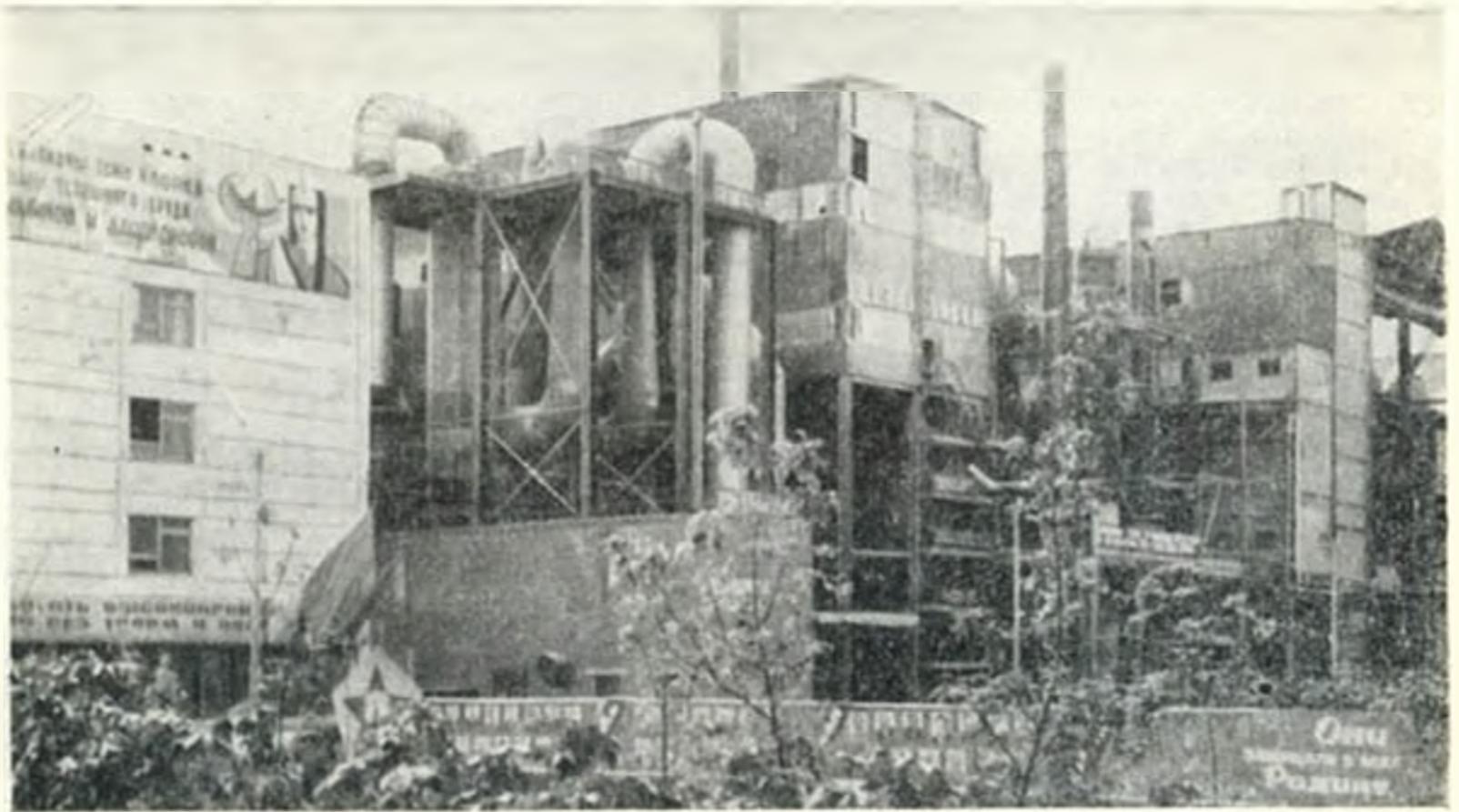
ГУВР имеет тесный контакт с другими инспектирующими организациями: Министерством здравоохранения, Министерством геологии, Узбекрыбводом и другими, направляя и координируя их работу для планомерного



Сооружение по очистке производственных сточных вод.

Сооружение по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод.





Цех химической подготовки шёлка для производства.

использования и охраны водных ресурсов. Так, в ММиВХ УзССР создан Республиканский междоуведомственный координационный совет и Управление рыбного хозяйства УзССР по проблемам использования водных ресурсов с учетом интересов рыбного хозяйства.

По инициативе ГУВР на крупных предприятиях организованы комсомольские «проекторы» — специальные посты и группы общественных контролеров по охране водоемов от загрязнения. Эти посты работают в соответствии с утвержденным положением «О порядке организации и деятельности постов и групп общественных контролеров по использованию и охране водных ресурсов УзССР».

ГУВР направляет и координирует работу научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами комплексного использования и очистки сточных вод, — САНИИРИ, Ташкентского отдела ВОДГЕО, Института санитарии, ТашГУ, УГМС. Отдел охраны водных ресурсов САНИИРИ выполняет научно-исследовательские работы по выявлению загрязнения бассейнов рек республики и влияния ядохимикатов на степень их загрязнения. В г. Ташкенте необходимо организовать филиал ВНИИ охраны вод, который должен вести разработку конкретных опти-

мальных схем рационального использования и охраны водных ресурсов по промышленным и жилым районам с обязательным освещением экономической стороны вопроса. Филиал должен выдавать проектным институтам рекомендации по наиболее приемлемым для проектируемого объекта схемам канализации.

Значительно усилена периферийная служба по использованию и охране водных ресурсов. Во всех областях республики и КК АССР организованы бассейновые инспекции. Областная инспекция входит в состав Областного управления оросительных систем или АДУОС КК АССР и является местным контролирующим органом ГУВР ММиВХ УзССР в данном речном бассейне области по вопросам использования и охраны водных ресурсов.

Областная бассейновая инспекция ведет государственный надзор за проведением комплекса мероприятий по обеспечению планового использования поверхностных и подземных водных ресурсов и их охраны от загрязнения сбросными сточными водами, истощения и водной эрозии почв.

Инспекция руководствуется положениями, утвержденными ММиВХ УзССР, приказами ОблУОС, а также указаниями ГУВР и согласованными с ними программами и правилами эксплуатации, разработанными применительно к местным условиям. Инспекция име-

ет тесный контакт с местными органами водного хозяйства, здравоохранения, рыбоохраны и охраны недр. Во главе инспекции стоит начальник или старший инженер, назначаемый начальником ОблУОС и АДУОС ККАССР по представлению ГУВР ММиВХ УзССР.

В каждой бассейновой инспекции созданы химико-бактериологические лаборатории, ведущие постоянный контроль за составом сточных вод, сбрасываемых в водоемы. Предполагается расширить работу лабораторий по изучению состава, температурного и кислородного режима сбросных вод, их влияния на биологию, солевой состав, кислородный режим водоемов.

Составы сточных вод контролируются также санэпидстанциями МЗ УзССР, а за их влиянием на водоемы следит также УГМС Узбекской ССР.

Гидрохимическая лаборатория УГМС занимается изучением загрязненности поверхностных вод с 1966 г., ведет наблюдения в бассейнах Амударьи, Сурхандарьи, Зарафшана, Кашкадарьи, Сырдарьи, Карадарьи, Ахангарана, Чирчика и др.

На стационарных пунктах согласно фазам гидрогеологического режима (межень, половодье) производится отбор проб по 6—7 в год. В лаборатории ведется химический анализ воды по стандартному комплексу на присутствие кальция, магния, сульфатов, хлора, железа, фосфатов, кремния, нитратов, а также окисляемость и щелочность. Из загрязняющих компонентов определяются медь, цинк, фенолы, ионы аммония, в некоторых пробах — цианиды, мышьяк. Выявляются ядохимикаты, нефтепродукты методом тонкослойной хроматографии. На местах отбора проб (у подных объектов) определяются величины рН, CO_2 и БПК₅.

Результаты наблюдений освещаются в выпускаемом ежеквартальном гидрохимическом бюллетене, который рассылается в заинтересованные организации.

ОЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ УЗБЕКИСТАНА

Дальнейший подъем экономики УзССР неразрывно связан с широким использованием водных ресурсов. Строительство промышленных предприятий, организация новых видов производства, расширение сельскохозяйственных угодий (особенно поливных земель), обводнение территории, развитие энергетического, транспортного и рыбного хозяйства — все это резко увеличит водопотребление. Рост

водопотребления, в свою очередь, приведет к увеличению количества сбрасываемых отработанных сточных вод. Это предопределяет большие задачи по разработке и форсированию в республике ряда водоохранных мер.

Для повышения эффективности борьбы за чистоту водоемов на производствах повсеместно должно быть осуществлено следующее:

организация учета водопотребления и строгое нормирование расхода воды, борьба с потерями и утечками;

совершенствование технологического процесса на промышленных предприятиях с целью всемерного сокращения потребления воды, в частности путем повторного ее использования в замкнутых циклах оборотного водоснабжения, и как результат этого — уменьшение сброса сточных вод, извлечение из них полезных химических веществ, которые используются как сырье для получения новых продуктов;

на действующих и вновь строящихся предприятиях внедрение широкой программы строительства очистных сооружений, механическая, химическая и биологическая очистка сточных вод; строительство очистных сооружений входит в график пускового комплекса первоочередных объектов производственного назначения;

широкое строительство городской и поселковой канализации с очистными сооружениями;

проведение мероприятий по упорядочению использования фонтанирующих скважин: паспортизация по их ведомственной принадлежности, перевод на краново-регулирующий режим и т. д.

Для оздоровления водоемов Узбекистана и предотвращения их дальнейшего загрязнения необходимо провести следующие мероприятия:

сократить сброс сточных вод в водоемы, применяя оборотную систему водоснабжения на ЧЭХК, КТЖМ, ТЭЦ, нефтепромыслах и других предприятиях, перейти на «сухой способ» производства или «воздушный» метод охлаждения;

построить канализационные сети и проводить полную механическую и биологическую очистку стоков на очистных сооружениях в Ташкенте, Чирчике, Ангрене, Ахангаране, Фергане, Самарканде и др.;

запроектировать и построить Чирчикский межрайонный коллектор с отводом стоков в пруд-накопитель с дальнейшим их использованием на полях для орошения;

создать зоны санитарной охраны, упорядочить выпас и водопой скота;

прекратить полностью сброс неочищенных вод с джутно-кенафных заводов;

создать земельные поля орошения для очистки хозяйственно-бытовых стоков;

провести нормирование стоков по компонентам загрязнения из учета самоочищающей способности поверхностных вод и адсорбционной способности грунтов для подземных вод.

Указанные мероприятия будут способствовать улучшению качества воды в водотоках.

Всемерное расширение научных исследований ускоряет решение теоретических вопросов, связанных с очисткой сточных вод, и дает возможность разработать новые эффективные и экономичные методы очистки, особенно в связи с широким применением в народном хозяйстве и в быту синтетических моющих средств, а также химизацией сельского и лесного хозяйства.

Расширение научных исследований в области использования и охраны водных ресурсов должно вестись и в направлении более широкого использования сточных вод на земельных полях орошения и на биологических прудах.

В Узбекской ССР — одном из ведущих хлопкосеющих районов Советского Союза — преобладает земледелие с высокоразвитой сетью оросительных магистральных и распределительных каналов, по которым вода большую часть года из источников орошения распределяется по поливной зоне. В Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов Узбекской ССР определено в перспективе значительное расширение орошаемой площади в республике. В связи с этим сточные воды, пригодные по составу, должны быть полнее и эффективнее использованы на орошение.

Дальнейших исследований требуют и вопросы регулирования качества воды, переброски стока рек из одного бассейна в другой, а также устройство санитарных зон водохранилищ для разбавления и обезвреживания сточных вод, в результате чего осуществляется регулирование водного стока реки или водоема.

Следует также изучить вопросы переброски части стока сибирских рек в Среднюю Азию, внутрисистемного использования коллекторно-дренажных вод на орошение, адсорбционной способности грунтов как процесса самоочищения органических и неорганических компонентов загрязнения, динамики формирования качества вод бассейна, определения фотосинтеза, реэрации, константы скорости потребления кислорода водотоками

Средней Азии, продолжить разработку методики основных параметров очистных сооружений на основе изучения процессов самоочищения для специфических сточных вод Средней Азии, методики нормирования компонентов загрязнения в сточных водах как мероприятия по охране водных ресурсов, методов автоматического исследования степени загрязнения водотоков, а также разработку программ для счетно-решающих машин по определению нагрузок по компонентам на водоток, мероприятий экономического порядка, стимулирующих заинтересованность предприятий в строительстве очистных сооружений.

Для предотвращения попадания ядохимикатов в водостоки необходимо повсеместно претворить в жизнь следующие мероприятия по охране поверхностных вод:

усовершенствовать агрохимические мероприятия при выращивании хлопка, в том числе воспроизводство выносливых сортов, применение севооборота,

разработать и внедрить в производство менее токсичные и быстро разлагающиеся пестициды в гранулированной форме с наземной формой обработки,

разработать и внедрить в производство различные виды биологических средств защиты полей от вредителей, биопрепараты, грибковые, микробальные, вирусные и другие формы,

предложить меры по предупреждению загрязнения водоемов возвратными водами орошения, разработать комплексный метод очистки коллекторно-дренажных вод, включающий повторное их использование с обезвреживанием в специальных сооружениях,

определить предельно-допустимые величины сброса (ПДС) пестицидов для рек, каналов и других поверхностных вод Средней Азии,

интенсифицировать процессы самоочищения вод от химических препаратов, рассредоточить выпуски, проводить аэрирование,

проводить агро-лесомелiorативные, противоэрозионные и стокорегулирующие водоохранные мероприятия.

Специальные противоэрозионные мероприятия позволяют регулировать поверхностный сток и тем самым защищать почву от смыва и размыва, а водостоки — от попадания в них пестицидов и удобрений. К ним относятся следующие:

инженерные мероприятия в виде гидротехнических устройств для регулирования стока, террасирование склонов, планировка эродированных участков, влагозадержание, лесомелiorативные мероприятия.

Одним из рациональных методов следует считать деструкцию пестицидов в зоне обработки; разработка и широкое применение такого способа предотвратили бы формирование стока, загрязненного пестицидами. На данном этапе метод деструкции пестицидов в зоне их применения находится в стадии разработки, перспективным является комбинированный метод, включающий повторное внутрисистемное использование стока с доочисткой в водоемах-регуляторах.

В условиях Средней Азии для некоторых оросительных систем перспективным методом обезвреживания возвратных вод орошения (особенно с рисовых чеков) может оказаться фильтрация их через специальные фильтрующие каналы, сложенные из песчаных или супесчаных грунтов, где за счет медленной филь-

трации происходит деструкция пестицидов. Деструкция в этом случае осуществляется за счет гидролиза, сорбции под действием солнечного света, но в основном в результате микробиологического разложения как исходных веществ, так и их метаболитов.

К водоохраным мероприятиям от загрязнения водотоков ядохимикатами относятся также юридические мероприятия, например, запрет на применение в стране ряда высокотоксичных стойких препаратов, таких как ДДТ, алдрин и др.

Комплекс перечисленных мероприятий сможет предотвратить загрязнение водосточников ядохимикатами.

Борьба за оздоровление водоемов, скорейшее прекращение загрязнения рек республики — всенародное дело.

ВОДОХРАНИЛИЩА, ВОДОЗАБОРНЫЕ ПЛОТИНЫ,
НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Водные ресурсы Средней Азии и их использование. Регулирование речного стока водохранилищами при изменении режима в соответствии с требованиями водопотребителей обеспечивает наиболее эффективное и полное использование водных ресурсов и является самым радикальным способом удовлетворения непрерывно растущих потребностей народного хозяйства Средней Азии в воде.

Среднеазиатские реки имеют снеговое, ледниковое или смешанное питание с соответствующим гидрологическим режимом (табл. 21).

Бассейн р. Амударьи — наиболее крупный по площади и водоносности (79,5 км²). Он включает водотоки, непосредственно формирующие сток р. Амударьи, и бессточные реки, имеющие самостоятельные бассейны (Зарафшан, Кашкадарья, Мургаб, Теджен и др.). Маловодные периоды наступают через 4—6 лет, многоводные через 6—10 лет. Характер-

ны затяжные периоды маловодья, продолжающиеся 3—6 лет. Внутригодовое распределение стока р. Амударьи не совпадает с водопотреблением на нужды орошения.

Второе место в Средней Азии по водоносности занимает бассейн р. Сырдарьи (37,2 км²), водные ресурсы которого включают сток Нарына, Карадарьи, а также рек Ферганской долины, Чирчика, Ангрена, Келеса, Арыси и др. Маловодные периоды наступают через 2—5 лет, длятся по 2—3 года, многоводные чаще бывают единичными. Внутригодовое распределение стока неблагоприятно для орошения.

Основной водопотребитель рек Средней Азии — орошаемое земледелие. Несоответствие внутригодового распределения речного стока и гидрографа водопотребления, стабильная многолетняя цикличность водности при острых дефицитах в маловодные периоды, повторяющиеся через 3—6 лет, предопределяют необходимость регулирования стока рек как в сезон, так и за многолетний период. Многолетнее регулирование стока, увеличивая используемые водные ресурсы, позволяет не только расширить орошаемые площади, но и повысить гарантию водообеспеченности оросительных систем.

Регулирование стока среднеазиатских рек выдвигает специфическую для этого региона проблему рациональной увязки противоречивых интересов ирригации и энергетики.

Гидроэнергетика — важный компонент водохозяйственного комплекса в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. Экономически эффективные гидроэнергоресурсы данного района оцениваются в 120 млрд квт. ч. Гидроэнергетика, не являясь потребителем воды, предъявляет свои особые требования к режиму речного стока, максимальные требования ирригации к водному стоку соответствуют летнему, вегетационному периоду; потребности энергетики — холодному межсезонному периоду. Для

¹ Подготовлена следующими специалистами: по общим вопросам регулирования стока и использования водных ресурсов — К. А. Ракитным, данные о водохранилищах Средней Азии — К. А. Ракитным (Средазгипроводхлопок), С. И. Кеберле (САНИИРИ), по инженерно-геологическим исследованиям, геодезическим наблюдениям — строительству земляных плотин методом отсыпки грунта в воду («мокрый способ»), по намыву тела плотин из суглинка, по возведению плотин направлением взрывом — С. А. Боронцом (Узглавводстрой), о ветровых волнах на водохранилищах — С. И. Кеберле (САНИИРИ), по Нурекскому гидроузлу на р. Вахше — П. М. Жуковым с участием С. Н. Остроумова, В. Ф. Ильюшина, А. Т. Ли (САОгидропроект), по Токтогульскому гидроузлу — К. К. Кузьминим (Гидропроект), по Чарвакскому гидроузлу на р. Чирчике — И. К. Николаевым (автор проекта, САОгидропроект), по Чардаринскому гидроузлу на р. Сырдарье и Тяньмуньскому гидроузлу на р. Амударье — М. С. Райтманом (САОгидропроект), по Андижанскому гидроузлу на р. Карадарье — Г. Н. Кулешовым (Средазгипроводхлопок), по Талимарджанскому водохранилищу на Каршинском машинном канале — И. Л. Калининим и Н. М. Никитиковым (Средазгипроводхлопок). Подготовка программы главы и ее редакция выполнялись В. В. Пославским (ВНИИГИМ им. Костякова).

Таблица 21

Стоковые характеристики рек, км³

Река—створ	Обеспеченность, %			
	50	75	90	с
Бассейн Амударьи				
Вахш—Туткаул	20,20	18,40	16,93	0,13
Амударья—Керки	65,13	57,80	52,25	0,16
Зарафшан—Дупули	5,16	4,69	4,32	0,13
Кашкадарья—до Чиракчи	1,10	0,90	0,77	0,25
Бассейн Сырдарьи				
Реки Ферганской долины	25,20	21,40	18,72	0,21
ЧАКИР	8,63	7,14	6,11	0,24
Чардаринское водохранилище	33,83	28,51	24,83	0,21
Бассейн бессточных рек				
Чу—Ташуткуль	3,66	3,38	3,16	0,11
Талас—Кировское	1,32	1,18	1,07	0,15
Асса—Маймак	0,46	0,40	0,35	0,20

рациональной увязки противоречивых интересов сельского хозяйства и гидроэнергетики необходимо создание системы регулирования или контррегулирувания, т. е. сооружение каскада водохранилищ с различными режимами работы: верхние, наиболее емкие—с энергетическим, нижние — с ирригационным режимом.

С 40-х годов в Средней Азии началось строительство водохранилищ. Все основные русловые водохранилища проектируются и сооружаются как комплексные, с ирригационно-энергетическим режимом работы.

На основании воднобалансовых расчетов, составленных по всем водотокам региона, определена гарантированная водоотдача рек Средней Азии для различных условий водности и разной степени зарегулированности (табл. 22). Потребная емкость основных русловых водохранилищ, обеспечивающая расчетную водоотдачу среднеазиатских рек на различных этапах развития водного хозяйства, к 1980 г. определяется в 40 км³, в перспективе — в 50. Кроме русловых водохранилищ на реках, намечено создание внутрисистемных наливных водохранилищ на магистральных каналах для более эффективного использования водных ресурсов, а также повышения гарантии водополачи в системы. Суммарная полезная емкость наливных водохранилищ составит в перспективе 7,9 км³.

Потребные полезные емкости основных русловых водохранилищ в бассейне Амударьи в перспективе составят 21,1 км³, в том числе по Амударье 18,1, по бассейну Сырдарьи — 26,3, в том числе по Сырдарье 21,2, в бассейнах бессточных рек—2,1, для прочих (внутри-

системных и наливных) водохранилищ — 10,5, следовательно, всего 60,0 км³.

В бассейне Амударьи завершается сооружение Нурекского водохранилища на р. Вахше (полезная емкость 4,5 км³); ведется строительство Тюямуянского водохранилища на р. Амударье (емкость 5,2 км³). Ввод этих водохранилищ, работающих при совместном режиме, обеспечит полное сезонное регулирование стока Амударьи, что позволит удовлетворить требования водопотребителей с достаточно высокой гарантией до 1985 г. Нурекское водохранилище работает в энерго-ирригационном режиме с гарантированным попуском в размере 460 м³/с (за исключением 1975 г., когда зимний попуск был сокращен).

К 1985 г. будут полностью освоены водные ресурсы Амударьи, что соответствует верхнему пределу возможного использования стока реки при сезонном регулировании; гарантированный сток при этом составит 52,2 км³. Рост водопотребления в данном бассейне при гарантированной обеспеченности 90% потребует глубокого многолетнего регулирования стока реки Амударьи, для чего необходима суммарная полезная емкость водохранилищ в объеме около 18 км³.

В качестве дополнительной регулирующей емкости строится Рогунское водохранилище на Вахше. В перспективе намечается построить Даштиджунское на Пяндже с довольно широкими возможностями компенсирующего ре-

Таблица 22

Схема регулирования стока рек Средней Азии, км³

Показатель	Расчетный уровень		
	1975 г.	1980 г.	перспектива
Бассейн р. Амударьи			
суммарная емкость	6,8	12,0	21,1
гарантированный сток	53,0	57,4	65,9
Амударья			
суммарная емкость	4,5	9,7	18,1
гарантированный сток	47,8	52,2	59,9
Бассейн р. Сырдарьи			
суммарная емкость	10,5	26,3	26,3
гарантированный сток	24,8	33,1	33,1
Сырдарья			
суммарная емкость	7,2	21,2	21,2
гарантированный сток	24,8	31,1	31,1
Бассейн бессточных рек (Чу, Талас)			
суммарная емкость	0,6	0,9	2,1
гарантированный сток	4,1	4,4	5,1
Суммарные полезные емкости водохранилищ	17,9	39,2	49,5
Гарантированная отдача	81,9	94,9	104,1

гулирования. Многолетнее регулирование стока будет осуществляться в Нурекском (4,5 км³) и Рогунском (8,6 км³) водохранилищах.

Тюямуюнское водохранилище обеспечивает потребителей нижнего течения Амударьи. Коэффициент зарегулированности стока $\alpha=0,92$; гарантированная водоотдача — 59,9 км³. После заполнения 50% емкости руслового Тюямуюнского водохранилища необходимо будет создать дополнительную регулируемую емкость на Амударье. При ежегодном пропуске расходов Амударьи через чашу Тюямуюнского водохранилища в паводковый период (V—VIII) при уровнях в реке, сниженных до отметок 119—120 м (близких к бытовым), процесс заполнения водохранилища значительно замедляется. Асуанское водохранилище на Ниле до постройки высотной плотины за 60 лет работы практически не наполнилось, так как паводки пропускались через опорожненное водохранилище.

Развитие водного хозяйства бассейна р. Зарафшана требует многолетнего регулирования стока в Дупулниском водохранилище с полезной емкостью около 500 млн. м³.

В бассейне Кашкадарьи вне зоны командования Каршинского канала требования водопотребителей удовлетворяются при 75%-ной обеспеченности и сезонном регулировании стока в Чимкурганском (450 млн. м³) и Пачкамарском (270 млн. м³) водохранилищах.

Необходимо обеспечить высокое использование речного стока с $\alpha=0,92$, что может быть достигнуто постройкой еще двух водохранилищ: Акбайского (95 млн. м³) на Кашкадарье и Гиссаракского (175 млн. м³) на Акдарье. Гарантированная отдача Кашкадарьи при 90%-ной обеспеченности составляет 1,3 км³.

В бассейне Сырдарьи построены или сооружаются русловые водохранилища, которые обеспечат полное использование водных ресурсов. Наиболее крупные из действующих — Кайраккумское (2,5 км³) и Чардаринское (4,7 км³) водохранилища, обеспечивающие сезонное регулирование стока. Закачивается строительство Токтогульского (14,0 км³) водохранилища на Нарыне, строится Андиганское (1,6 км³) на Карадарье, построено Чарвакское (1,6 км³) на Чирчике. Ввод их в действие обеспечит многолетнее регулирование стока Сырдарьи с $\alpha_p=0,92$. Ведется также строительство более мелких водохранилищ в Ферганской долине с суммарной емкостью 1,4 км³.

После завершения всех работ по регулированию водного стока общая полезная емкость водохранилища в бассейне р. Сырдарьи сос-

тавит около 28 км³, что позволит почти полностью использовать водные ресурсы бассейна, гарантированная отдача при этом достигнет около 31 км³.

С учетом ввода всех основных водохранилищ Сырдарьинского бассейна коэффициент использования стока составит $\alpha=0,94$ и обеспеченность водоотдачи — 90—95% для разных участков.

Таким образом, к 1980 г. требования водопотребителей в бассейне возрастут до верхнего предела возможного использования стока р. Сырдарьи при многолетнем регулировании с $\alpha=0,92$. Установленные критерии надежности водохозяйственной системы достигают предельного значения, дальнейшее повышение коэффициента зарегулированности стока нецелесообразно.

В период 1970—1975 гг. баланс почти всех водосточников Узбекистана был очень напряженным, по многим рекам отмечались дефициты стока в маловодные годы, а по некоторым и в средневодные периоды. В 1975 г. расчетная обеспеченность не превышала 75%, что объясняется в основном низкой зарегулированностью речного стока.

Для обеспечения требований всех водопотребителей с достаточно высокой гарантией необходимо на всех реках Средней Азии осуществлять многолетнее регулирование стока. Потребная полезная емкость водохранилищ должна составить около 50 км³, что обеспечит гарантированную отдачу в объеме 104 км³ в год.

Сток, полученный за счет регулирования среднеазнатских рек, который можно использовать, составит 56,0 км³, в том числе при сезонном регулировании 40,4 км³.

ВОДОХРАНИЛИЩА

Все республики, расположенные в бассейнах Сырдарьи и Амударьи, используя для орошения, обводнения, водоснабжения водные ресурсы этих бассейнов, заинтересованы в зарегулировании стока. Независимо от того, на территории какой республики строятся водохранилища, учитываются интересы других республик и бытовой режим рек изменяется в направлении, благоприятном для развития в каждой республике орошаемого земледелия, гидроэнергетики и других отраслей народного хозяйства (табл. 23).

Гидропроект МЭ СССР, Средазгипрорводхлопок ММиВХ СССР, а также САОгидропроект и Узгипрорводхоз ММиВХ УзССР проектируют гидроузлы, образующие водохранилища. Их строят организации МЭ СССР—

Таблица 23

Характеристика водохранилищ Средней Азии

Река, канал	Водохранилище	Вид	Состояние	Республика	Год ввода	Площадь		Емкость, млн. м ³		Отметка, м	
						тип ¹	высота	полная	полезная	НПГ	ГМО
Бассейн Сырдарьи											
Касансай Сырдарья	Касансайское	Русловое	Эксп.	Киргизия	1954	КНЭ	64	165	155	1128	1084
	Кайраккумское			Таджикистан	1951	Н _а	32,0	4000	2500		
Терс	Терс-Ашбулакское			Казахстан	1953	ЗЯ	45,0	150	158	950	930
Ахангаран	Ташкентское			Узбекистан	1962	ЗЯ	43	250	254	394	374
Кувасан, Карадарья	Каржидонское	Наливное		Узбекистан	1964	ЗЯ	70	218,4	211	626	577
Бугунь, Арысь-Сырдарья	Бугуньское	Наливное		Казахстан	1963	ЗЯ	21,5	400	370	260	248
Каттасан	Чардаринское	Русловое		Казахстан	1967	Н _а	26,5	570,0	4700		
	Каттасайское	Русловое		Таджикистан	1965	З	62,5	55	34	1165	1125
Араван	Найманское	Наливное		Киргизия	1966	З		80	80	1222	1202
Санзар, Зарафшан	Джизакское			Узбекистан	1966	З	23	90	88	371	361
Исфара	Торккульское			Киргизия	1975	ЗЯ	30,0	90	75	1147	1127
Галасай	Галасайское	Русловое	Проект.	Узбекистан			100	157	170	1304	—
Ангрен	Ахангаранское	Русловое	Эксп.	Узбекистан	1969	ЗЯ	109	350	309	1090	1060
Нарын	Токтогулское	Русловое	Эксп.	Киргизия	1978	Б	215	19500	14000		
Карадарья	Андижанское		Стронт.	Узбекистан	1978	МК	115,5	1750	1600	905	841
Чирчик	Чарнакское		Стронт.		1978	КНЯ	168	2000	1600		
Исфайрамсай	Исфайрамское		Проект.		1985	ЗЯ		150	130	1209	1120
Акбура	Напанское			Киргизия	1980	ЗЯ	106	260	240		
Сох	Дайнаранское			Узбекистан	1980	ЗЯ	86	800	260	1140	1120
Арысь	Березовское			Казахстан	1980	ЗЯ	23	480	340	265	240
Келес, Чирчик	Куруксайское	Наливное		Казахстан	1990	ЗЯ	28	650	600	340	336
Чу	Орто-токайское	Русловое		Киргизия	1956	З	52	470	450	1762	1731
Чу	Ташткульское				1980	ЗЯ	29	620	550	510	495
Талас	Чатбаларское				1980	ЗЯ	45	105	100	1380	1360
Талас	Кирское		Стронт.		1976	МК	86	625	550	890	870
Ала-Арча	Алаарчинское		Проект.		1985			277	272	677	662
Бассейн Амударьи											
Мургаб	Ташкентское	Русловое	Эксп.	Туркмения	1911	З	22,0	166	148	347,4	339,0
Мургаб	Сарыязинское				1960	Н _а	21,5	263	250	314,5	306,0
Теджен, Каракумский канал Амударья	Тедженское				1950	ЗЯ		150	142	232,6	222,6
	Тедженское I	Русловое	Эксп.	Туркмения	1950	ЗЯ		150	142	232,6	222,6
	Тедженское II	Русловое	Эксп.		1960	ЗЯ	20,5	183	180	221,0	210,0
	Зейдское	Наливное	Проект.			ЗЯ	15,0	3600	3100	249	242,5
Кайраккумский	Хаузханское	Наливное	Эксп.		1962	З	11,0	460	435	210	201
Кайраккумский	Конет-Дагское	Наливное	Стронт.			Н	25,0	550	522	152	135
Кайраккумский	Данатийское	Наливное	Проект.		1985	ЗЯ	15,0	435	387	30	22
Кайраккумский	Мадлусское	Наливное	Проект.		1985	ЗЯ	10,0	700	650	30	24
Сурхандарья	Южносурханское	Русловое	Эксп.	Узбекистан	1967	З	30	800	610	115	399
Сурхандарья, Занг	Учкизмьяское	Наливное	Эксп.		1957	З	11,5/40	160	80	321,5	312,5
Кашкадарья	Чимкуртанское	Русловое	Эксп.		1963	ЗЯ	33	500	450	488,2	471
Кашкадарья	Акбайское	Русловое	Проект.		1980	ЗЯ	50,0	110	90	777,5	748
Аксу	Гиссарское	Русловое	Проект.		1985	КНЯ	138,0	180	170	1123	1043
Гузардарья	Пачкамарское	Русловое	Эксп.		1967	ЗЯ	70	260	250	676	636

Река, канал	Водоохранилище	Вид	Состояние	Республика	Год ввода	Плотина		Емкость, млн. м ³		Отметка, м	
						тип*	высота	подная	полезная	НПГ	ГМО
Амударья, Каршинский канал	Талимарджанское	Наливное	Строит.	Узбекистан	1985	ЗЯ	22	1600	1100	401	375
	Шорсайское	Наливное	Проект.		1990	ЗЯ	27	2100	1520	314	302
Амударья, Аму-Бухарский канал	Тудакульское	Наливное	Проект.		1990	ЗЯ	21	1000	810	220	205
	Зарафшан	Каттакурганское	Наливное	Экспл.	1968	З	31	900	884	513	490
Амударья, Зарафшан	Куюмазарское	Наливное	Экспл.		1958	З	24,3	350	300	240,5	217,7
	Вахш	Дупулинское	Русловое	Проект.	Узбекистан	1990	Н	20	930	420	930
Вахш	Рогунское	Русловое	Проект.	Таджикистан	1985	КНЯ	3251	1900	8600	1280	1180
	Вахш	Нурекское	Русловое	Строит.	Таджикистан	1978	З _{гн} Я	310	10500	4500	
Амударья	Тюямуюнское	Руслооналивное	Строит.	Узбекистан	1983		25	7300	5000		
		Наливное	Строит.	Узбекистан	1980			1000	550		
Канарас		Наливное	Строит.		1983	З	20	2700	1650		
Султансанджар		Наливное	Строит.		1983	—	—	1400	850		
Кошбулак русловое			Строит.		1980	Н ₀	25	2200	1950		

* Плотина, образующие водохранилища, относятся к следующим группам: земляные однородные—З, земляные на галечнико-песчаных грунтах с экраном—З_{гн}Э, то же с ядром—З_{гн}Я, намыльные из гравелисто-песчаных грунтов—Н_{гн} или песчаных Н_п, каменно-набросная с экраном (КНЭ), каменно-набросная с ядром—КНЯ, бетонная—Б, массивно-контрфорсная—МК, из горной массы взрытом—В_{гн}.

Узбекгидроэнергострой (Чарвакская ГЭС), Нарынгидроэнергострой (Токтогульская ГЭС, Курсайская ГЭС), Таджикгидроэнергострой (Нурекская ГЭС, Рогунская ГЭС), ММиВХ УзССР — Тюямуюнгидрострой (Тюямуюнское водохранилище), Кашкадарьинстрой (Гиссарское водохранилище), Узглавводстрой, Андижангидрострой (Андижанское водохранилище), Средазирсовхозстрой (Талимарджанское, Джизакское водохранилища).

Лабораторные и натурные исследования, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией гидроузлов, выполняют проектные и научно-исследовательские институты МЭ СССР — ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, НИС гидропроекта, СЛОГидропроект и др., ММиВХ—САНИИРИ им. В. Д. Журица, ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, научно-исследовательские институты гидротехники и мелиорации — Узгипроводхоз, Средазгипроводхлоп, Госстрой СССР — ВОДГЕО, высшие учебные заведения — МИСИ им. Куйбышева, МГМИ, ТИИМСХ, МГУ им. Ломоносова, ТашГУ, ТашПИ и многие другие.

Режим работы водохранилищ ежегодно устанавливается в зависимости от ожидаемой водности года и уточняется в процессе осуществления плана, причем нужды орошаемого земледелия удовлетворяются в первую очередь. Действует специальная организация ОДУ Средней Азии, которая обеспечивает выполнение заданного режима работы каскада крупных водохранилищ и водозаборных плотин и ведет его корректировку. Ведется подготовка к созданию АСУ водораспределением на Зарафшане и Сырдарье, в бассейнах которых уже действуют водохранилища, водозаборные плотины, крупные насосные станции, а также подается вода из Амударьи по Аму-Бухарскому каналу.

В связи с бурным развитием орошаемого земледелия потребность в воде с каждым годом возрастает, поэтому строительство водохранилищ для регулирования стока рек должно опережать освоение земель, вместе с другими мероприятиями надежно обеспечивать водой сельскохозяйственное производство и другие объекты народного хозяйства.

Водохранилища, особенно крупные,—чрезвычайно ответственные объекты, и гидроузлы, их образующие, должны обладать высокой степенью надежности. Накоплен большой опыт по проектированию, строительству и эксплуатации гидроузлов; совершенствуются методы всестороннего исследования объектов строительства, создаются более совершенные конструкции различных типов плотин, водосбросов, водовыпусков, затворов, подъемных механизмов, противофильтрационных устройств, фильтров, дренажа, креплений откосов. Сооружения оснащаются контрольно-измерительной аппаратурой, позволяющей следить за всеми явлениями, происходящими в основании и теле плотины (фильтрация, деформация и др.), и своевременно принять необходимые меры.

Натурные исследования с помощью современных средств измерения наряду с лабораторными дают возможность изучать русловые процессы, определять потерю емкости водохранилищ вследствие заноса, размыв русла реки ниже плотины, влияние на все эти процессы режима работы водохранилища. Такие исследования позволяют уточнять методы расчетов указанных процессов.

Гидравлические, статические и динамические расчеты сооружений вместе с лабораторными исследованиями на моделях позволяют при проектировании более полно учесть все силы, действующие на сооружения, и создать надежную конструкцию.

Значительно возросла механизация всех видов строительных работ, создана индустриальная база строительства; суммарный объем строительно-монтажных работ с каждым годом растет.

Рассмотрим некоторые вопросы, касающиеся особенностей гидротехнических сооружений и новых технических решений по их совершенствованию.

Инженерно-геологические исследования на водохранилищах. Для установления расчетных параметров горных пород и массивов, служащих основанием для проектирования крупных сооружений, широко используются геологические горные выработки и буровые работы, опыты по изучению фильтрационных свойств, сдвигово-деформационных характеристик пород в массиве и напряженного их состояния, лабораторные работы (петрографо-литологические, физико-механические и др.), натурные наблюдения за деформацией по линиям тектонических нарушений и т. д.

Наиболее широко используются геофизические методы изучения скальных массивов: сейсмическое профилирование в горных выработках, прозвучивание целиков,

сейсмокаротаж скважин и ультразвуковые исследования образцов, исследования в скважинах и на поверхности.

Совершенствуются методы изучения трещиноватости пород, в частности метод «ломаной кривой», а также фракционного состава обломочного материала (на предварительных стадиях разведки месторождений) заполнителей для бетона методом «случайных секущих» (оба метода предложены и внедрены в производство А. В. Количко).

При изучении структурных особенностей массивов, их трещиноватости внедрен метод картирования на фототеодолитных увеличенных снимках с последующей обработкой полевых данных и получением готовых планов в стереограмметрической лаборатории (1965 г.).

Для изучения новейших тектонических движений широко применяется зеркальный стереоскоп с чертежным стереомером, позволяющий достаточно точно измерить высотную разницу элементов рельефа прямо с аэрофотоснимков (1968 г., Войцеховский).

В связи с неоднородностью и анизотропностью трещиноватых скальных массивов производится инженерно-геологическое районирование участка и выделяются квазиоднородные области массива, обладающие статистически сходными физико-механическими и фильтрационными свойствами. В результате такого районирования устанавливается блочно-зональное строение массива, которое для нужд проектирования представляется в виде частных моделей скального основания (модель водонепроницаемости, модель напряженного состояния горных пород, модель сдвигово-деформационных свойств и т. д.). Совокупность всех моделей характеризует скальный массив, служащий основанием напорного сооружения (Чечет, Каякин, Каган, Количко и др.).

По параметрам трещиноватости массива скальных пород и временному сопротивлению сжатию (разрыву) образца породы теоретически решен ряд задач механики скальных пород, в частности, сопротивляемость массива сдвигающим усилиям в заданном направлении (плоская задача) и отрыву (плоская задача).

Геодезические наблюдения. Необходимость и важность натурных наблюдений геодезическими методами очевидна. Они ведутся в значительных объемах как в Советском Союзе, так и за границей. С их помощью можно вести контроль за состоянием строящихся и эксплуатируемых сооружений путем измерения их деформаций, являющихся в ряде случаев важнейшим показателем надежности сооружений.

Результаты геодезических наблюдений, собранные за длительный период и надлежащим образом обработанные, позволяют проконтролировать расчеты величин интенсивности нарастания или угасания деформации сооружений, ожидаемых и фактически происходящих неотектонических подвижек отдельных блоков скальных массивов в районе строительства. Полученные данные дадут возможность проектировщикам использовать их при изысканиях и проектировании новых гидротехнических сооружений, строящихся в аналогичных условиях.

Наблюдения за осадками сооружений геодезическими методами ведутся на всех строящихся и эксплуатируемых крупных гидротехнических объектах.

Основной метод определения вертикальных деформаций — высокоточное гидротехническое нивелирование, которое выполняется с помощью совершенных нивелиров 004, КО—007 и Н—Т с использованием реек с инварной полосой, по разработанной программе, позволяющей получить весьма высокую точность определения превышений на станции — около $\pm 0,1$ мм.

Высокая точность и безусловная надежность результатов определения вертикальных и горизонтальных смещений позволили этому методу занять прочное место в обширном арсенале натурных наблюдений.

Ветровой и волновой режимы на водохранилищах Узбекистана. При проектировании водохранилищ важно дать правильную оценку максимальной ожидаемой высоты ветровой волны, так как от этого будет зависеть выбор типа крепления откоса плотины и берегов от разрушающего действия ветровых волн.

Знание параметров ветровых волн необходимо и для правильного расчета креплений на вероятную волновую нагрузку. Правильная оценка ожидаемого волнового режима — гарантия надежности проектируемых сооружений, гарантия удобной и экономически выгодной их эксплуатации.

При определении расчетной высоты ветровой волны важно знать расчетную скорость ветра в районе проектируемого водохранилища. В большинстве случаев используются срочные наблюдения за ветром по флюгеру ближайшей метеостанции, которые дают характеристику ветрового режима в этом районе.

В районах некоторых водохранилищ (Джизакском, Гиссаракском, Талимарджанском, Одырдагском, Ташкентском, Каттакурганском, Чардаринском) САНИИРИ организовал наблюдения за ветровым режимом при помощи

суточного самописца-анеморумбографа М-12, который осредняет скорость ветра за 10 мин. и показывает его направление. При помощи этих наблюдений были установлены корреляционные связи, учитывающие удаление метеостанций от места строительства будущего водохранилища, частоту и точность замеров, данные метеостанций, позволяющие уточнить расчетную скорость ветра для водохранилищ.

При определении расчетной высоты волны большое значение имеет правильный выбор расчетной формулы, которая отражала бы реальные условия формирования волны в водохранилище.

Большинство водохранилищ Узбекистана имеет небольшую длину разгона — до 15 км, чаши обычно сильно изрезаны и мелководны. Только в районе плотин наблюдаются большие глубины. Формирование волн в таких условиях происходит иначе, чем на крупных водохранилищах, озерах и морях. Рекомендуются методы и расчетные зависимости (ГОСТ, технические условия, СНиП и другие) для определения элементов ветровых волн в основном выведены из материалов наблюдений на морях, озерах и крупных водохранилищах и для условий среднеазиатских водохранилищ дают завышенные в $1,5 \div 2$ раза результаты.

В 1956—1957 гг. САНИИРИ провел наблюдения за ветровым и волновым режимами при помощи максимально-минимальных вех на озере Час-Как, Тедженском и Каттакурганском водохранилищах. На основании полученных материалов Е. Я. Фроликовой предложена эмпирическая зависимость

$$h_{1\%} = 0,0027 \cdot W_{10} \cdot \sqrt{\frac{D}{g}}$$

где $h_{1\%}$ — высота волны с обеспеченностью 1%, м,

W_{10} — скорость ветра на высоте 10 м над водной поверхностью, м/с,

D — длина разгона волны, км,
 g — 9,81 м/с².

В 1958—1973 гг. САНИИРИ и Туркменский сельскохозяйственный институт провели натурные наблюдения за волновым и ветровым режимами на Южно-Сурханском, Кайраккумском, Чардаринском, Ташкентском и Хаузаханском водохранилищах с применением более совершенной методики и новых, более надежных волнографов для видимой записи волнового режима.

Суточные волнограммы дают полную характеристику развития волнения, так как волнограф записывает среднее значение высоты волны за каждые 10 мин. По таким волнограммам и анеморумбограммам легко оп-

Таблица 24

Результаты натуральных наблюдений ветровых и волновых режимов на водохранилищах (данные Б. И. Белескова, И. В. Осадчей, М. С. Кожевниковой)

Водохранилище	Разгон волн, м	Количество наблюдений	Скорость ветра на высоте 10 м над водной поверхностью, м/с	Измеренная высота волн, эмпирическая обеспеченность 1%, м	Расчетная высота волн, м
Озеро Час-Как	3500	3	5,8 ÷ 12,0	0,2 ÷ 0,5	0,29 ÷ 0,61
	3350	16	5 ÷ 15	0,25 ÷ 0,8	0,25 ÷ 0,74
	4200	61	5 ÷ 22	0,2 ÷ 1,15	0,28 ÷ 1,22
Тедженское	3500	5	6,75 ÷ 15,9	0,35 ÷ 0,78	0,31 ÷ 0,81
Хавэханское	11600	37	6 ÷ 20,7	0,4 ÷ 1,85	0,55 ÷ 1,9
Ташкентское	6000	14	3,7 ÷ 9,8	0,19 ÷ 0,65	0,25 ÷ 0,65
Каттакурганское	5000	31	5,0 ÷ 23,1	0,2 ÷ 0,76	0,3 ÷ 1,4
Чардаринское	9800	10	3,8 ÷ 9,8	0,28 ÷ 0,79	0,32 ÷ 0,83

ределяется установившийся режим. При установившемся волнении делались развернутые осциллограммы, на основании которых определялась высота волны 1% обеспеченности (табл. 24).

Задача по составлению расчетной формулы решалась с помощью ЭЦВМ «Минск-22». На основании натуральных данных рекомендована уточненная формула для определения высоты волны в условиях среднеазиатских водохранилищ с разгоном волны $D \leq 15$ км.

Пропуск строительных расходов. В стесненных горных условиях для пропуска таких расходов сооружаются туннели.

Разработка рациональной схемы пропуска строительных расходов — довольно сложная задача, особенно при проектировании высоконапорных гидроузлов с плотинами из местных материалов. Так, если для бетонной плотины Токтогульской ГЭС высотой 220 м оказалось достаточно одного строительного туннеля, то для каменно-земляной плотины Чарвакской ГЭС потребовалось два туннеля, расположенных на разных уровнях, а на Нурекской ГЭС при плотине высотой 300 м — три строительных туннеля, расположенных в три яруса; кроме того, в последний год строительства в пропуске строительных расходов участвует глубокий катастрофический водосброс (четвертый ярус).

Основная причина принятия двух и более ярусов строительных туннелей — отсутствие разработанных конструкций крупногабаритных затворов, способных регулировать расходы воды при напорах более 100—110 м. На Чарвакской ГЭС эксплуатируются регулирующие сегментные затворы, перекрывающие отверстия 30 м^2 при напоре до 80 м, а на Нурекской ГЭС монтируются такие же затворы на напор 110 м. В проекте Рогунской ГЭС высота плотины которой будет 350 м, предусмотрены регулирующие затворы на напор 170 м.

Гидротехнические туннели. На крупных гидроузлах они различаются по условиям эксплуатации, основными из которых являются следующие:

подводящие туннели ГЭС с большими напорами (на Нурекской ГЭС; расчетный напор до 400 м),

безнапорные туннели с большими скоростями (в катастрофическом водосбросе Нурекской ГЭС — до 55 м/с),

строительные туннели, транспортирующие донные наносы (до 100 млн. т в год и более), туннели, испытывающие внешнее давление грунтовых вод (до 200 м).

Эти особенности определяют их конструктивные решения.

Подводящие туннели ГЭС диаметром до 10 м, как правило, круглого поперечного сечения с железобетонной или бетонной обделкой и укрепительной цементацией породы. Обделки турбинных водоводов имеют стальные облицовки толщиной до 50—60 мм. Развилки на подводящих туннелях делают подземными или открытыми (у здания ГЭС).

Водосбросные туннели (строительные и эксплуатационные) обычно имеют круглое или корытообразное очертание. Регулирующие затворы в туннелях располагают в подземных помещениях на начальных участках (Нурекская ГЭС) или на выходе из туннеля (Чарвакская ГЭС). Для отключения строительных туннелей затворы располагают на входных порталах (Токтогульская и Чарвакская ГЭС) или в подземных помещениях (Нурекская ГЭС). Камеры затворов снабжают стальной облицовкой и за регулирующие затворы подводят воздух. Обделку на отводящих участках водосбросных туннелей выполняют из железобетона высоких марок (до 400) с повышенной стойкостью против кавитации.

Для снижения давления грунтовых вод на обделке туннелей применяют дренаж и цемент-

тацию породы. На Нурекской ГЭС как основной принят шпуровой дренаж.

Гидротехнические туннели — важнейшие элементы в составе плотинных сооружений, от выбора конструкций и долговечности их зависит эксплуатационная надежность всего узла.

ГИДРОУЗЛЫ

Токтогульский гидроузел на р. Нарыне

Он строится в ущелье отрогов Тянь-Шаня. Средняя крутизна склонов $65\div 75^\circ$, а глубина — до 1500 м. Плотина имеет высоту 215 м.

Перед плотинной создается водохранилище объемом $19,5 \text{ км}^3$, обеспечивающее многолетнее регулирование стока Нарына и гарантированные попуски воды на нужды ирригации. При плотине сооружается гидроэлектростанция мощностью 1200 тыс. квт в 4 агрегатах по 300 тыс. квт каждый.

Годовой сток Нарына весьма неравномерен, в районе гидроузла колеблется от 6,8 до 21 км^3 при среднемноголетнем стоке 11,5 км^3 .

Основание и борта ущелья сложены толсто-глоистыми мраморизованными известняками карбона, пласты которых пересекают долину многочисленными тектоническими трещинами. Заполнитель трещин — обломочный материал, милонит и глина трения. На глубине 20—80 м по тектоническим трещинам широко развит бортовой и донный отпор. Ширина трещин бортового отпора достигает вблизи поверхности 1—2 м, уменьшаясь до 1—15 см в глубине массива.

Плотина возводится на едином структурно-тектоническом блоке размером 600 м вдоль течения реки. Этот блок ограничен Тегерекским и Кызылкурганским разломами, которые являются вторичными по отношению к региональным Таласо-Ферганскому сдвигу (20 км от створа) и Карасуйскому надвигу (5 км от створа). Сейсмичность района строительства оценивается 9 баллами по 12-балльной шкале.

Ввиду того, что плотина располагается над густонаселенным районом, ее рассчитывали на воздействие весьма значительных сейсмических нагрузок, характеризующихся ускорениями до 0,45.

Крутые склоны, рассеченные трещинами бортового отпора, обусловили образование на бортах потенциально неустойчивых массивов. Это заставило отказаться от выполнения врезок в борта ущелья, так как даже сравнительно незначительные врезки приводили к потере устойчивости больших участков склона.

Указанные топографические, геологические и сейсмоструктурные особенности района Токтогульской плотины сделали необычайно сложными проектные разработки, исследовательские обоснования типа и конструкции плотины, что создает большие трудности при ее строительстве.

В процессе проектирования были рассмотрены более 20 различных типов плотины: из каменной наброски, гравитационных, арочно-гравитационных, тонких арок, в том числе опирающихся на устой, сооружаемые подземным способом и заведенные за зону разуплотнения, арок, опирающихся на массивные гравитационные устой, и др. Было решено, что все эти типы конструкций в особо сложных условиях Токтогульского створа не позволяют создать надежную плотину, отвечающую поставленным условиям.

Инженеры, работавшие над проектом, старались разработать конструкцию, которая, во-первых, позволила бы основную нагрузку передать на основание каньона, по возможности разгрузив борта ущелья с тем, чтобы максимально использовать высокие сдвиговые и деформативные показатели скального массива на низких горизонтах, во-вторых, обеспечивала бы сохранение напорного фронта, даже в случае нарушения монолитности при сильных сейсмических воздействиях, в-третьих, была бы достаточно массивной, чтобы противостоять воздействию падающих сверху скальных отделившихся при возможных обрушениях потенциально неустойчивых массивов, в-четвертых, позволяла бы исключить врезки в борта ущелья.

Плотина, возводимая в ущелье Нарына, запроектирована из одной центральной и 6 береговых секций (по три с каждой стороны). Центральная секция стоит на скальном основании, имеющем высокие показатели сопротивления сдвигу, и обладает повышенным запасом устойчивости. Межсекционные швы расположены под углом к руслу реки веером, расходящимся в нижний бьеф.

Центральная секция выполнена такой, что это позволяет в расчетах устойчивости плотины учитывать природное искривление русла реки и использовать пригрузку водой. Это снизило объем бетона, приблизив его к объему ранее запроектированной для этого створа арочно-гравитационной плотины.

Ось плотины слегка искривлена и имеет выпуклость в сторону нижнего бьефа. Это обеспечивает упор в скальное основание в направлении каждой из береговых секций и передаче части нагрузки на центральную секцию, в то же время практически исключает возмож-

ность передачи нагрузки от центральной секции к берегам.

Подземный контур, выполненный в составе противофильтрационной завесы и развитой системы дренажа, предусмотрен как продолжение в скальный массив основных очертаний плотины и позволяет, используя пригрузку водой заполненного водохранилища, увеличить устойчивость бортов, примыкающих к плотине.

Фронтальный и бортовой дренаж выполняются так, чтобы полностью исключить возможность повышения давления воды в примыкающей к плотине разуплотненной скале в случае нарушения цементационной завесы при сильном сейсмическом воздействии. Скала по контуру примыкания к плотине подвергается укрепительной цементации, а наиболее значительные трещины разделяются и бетонируются из подземных выработок.

Массивность плотины позволила резко уменьшить ее армирование, практически полностью механизировать процесс бетонирования, добиться высокой степени однородности бетонной кладки, монолитности сооружений и хороших температурных режимов твердения бетонных блоков.

Конструкция плотины Токтогульской ГЭС зарегистрирована в качестве изобретения.

Пространственный характер работы плотины предъявляет особые требования к однородности и монолитности и вызывает необходимость до минимума сократить количество швов, особенно разрезающих плотину поперек потока. Это позволяет увеличить темп укладки бетона за счет ее механизации и сокращения вспомогательных операций (опалубка, обработка поверхности и др.).

Сложные топографические, геологические и климатические условия строительства при высоких требованиях к возводимому сооружению, необходимость высокой интенсивности укладки бетона потребовали поиска новых индустриальных и экономических методов производства работ и создания новой технологии возведения плотины, практики плотностроения.

Необходимое количество башенных кранов не размещалось в узком каньоне, геологические и топографические условия не позволяли разместить кабель-краны над гребнем плотины, невозможно было организовать подъезды или устроить бетоновозные эстакады. Известные способы бескранового возведения плотины не обеспечивали возможность круглогодичного ведения работ и строительства плотины с надежно омоноличиваемыми межблочными швами, требующей для этих целей охлаждения

бетонной кладки в строительный период до температур 6—8°C.

Бетонирование гравитационных плотин большими блоками с подачей бетонной смеси автосамосвалами проводилось на многих плотинах, построенных в Италии, США и СССР. Особенно интересен в этом отношении опыт бетонирования итальянской плотины Альпе Джера. Однако конструкция и условия строительства Токтогульской плотины предъявляют особые требования, связанные, главным образом, с обеспечением монолитности и пространственной работы сооружений. Эти требования удастся осуществить при выполнении мероприятий, обеспечивающих трещиностойкость бетонных блоков в процессе возведения плотины, и мероприятий по омоноличиванию строительных (временных) швов.

Одно из таких мероприятий предусматривает временные швы с применением стационарной железобетонной опалубки специальных форм со смонтированной на ней цементационной арматурой для многократной цементации этих швов в процессе строительства и эксплуатации плотины.

На Токтогульском гидроузле разработан комплекс технологических приемов и мероприятий, позволяющих при больших размерах блоков бетонирования обеспечить высокую степень механизации работ, одновременно гарантируя однородность, монолитность и хорошие характеристики укладываемого бетона. Основная масса бетона подавалась самосвалами непосредственно в блоки и уплотнялась электрическими бульдозерами с навесными пакетами вибраторов. Плановые размеры блоков плотины — 32×60 см, 32×75 и 18×125 м при высоте от 0,5 до 1,0 м. Краны для подачи бетона использовались только при возведении гидроэлектростанции, водоприемника и низовой секции плотины.

Узкий каньон и трудности врезок в борта позволили применить предложение (А. А. Беляков) о двухрядном расположении агрегатов с увеличением заглубления подошвы основания ГЭС. Такая компоновка хотя и приводит к большей, чем обычно, стесненности, главным образом в расположении подводов к спиральям турбин, однако не вносит никаких осложнений в общую гидравлическую схему агрегатов и позволяет почти вдвое сократить фронт гидроэлектростанции. Машинный зал при этом разделяется как бы на два зала, перекачка кранов из одного пролета в другой позволяет обойтись одним комплектом кранов.

Повышающие трансформаторы 500/15,75 кв мощностью по 400 тыс. кв установлены также внутри здания гидроэлектростанции. Вывод

мощности осуществлен 4 кабельными линиями напряжением 500 кв, проложенными в специальном туннеле длиной 1300 м. Связь кабеля с распределительной подстанцией, расположенной в боковом ущелье вблизи поселка Каракуль, выполнена открытой двухцепной линией через горный хребет высотой 600 м над ущельем Нарына.

Два глубинных водосброса имеют пропускную способность по 1200 м³/с и поверхностный водослив. На напорной грани плотины — водоприемные устройства, а на крыше здания гидростанции — сбросные лотки.

Значительный напор и большие величины сбрасываемых расходов потребовали рассредоточения падающей струи с тем, чтобы избежать значительных размывов в нижнем бьефе.

Сложность задачи увеличивалась также тем, что русло реки сразу же за гидростанцией имеет поворот и для направления воды вдоль русла нужно было обеспечить поворот сбрасываемого потока. Эту задачу удалось решить созданием специальных расщепителей в концевой части сбросных лотков. Такое необычное решение дает существенный эффект облегчения креплений в нижнем бьефе и признано изобретением.

При строительстве этого гидроузла впервые в Советском Союзе отказались от бетонных обделок гидротехнических и транспортных туннелей и применения торкерта и набрызга бетона. Это позволило заметно удешевить строительство туннелей и уменьшить сроки их возведения.

Строительство Токтогульского гидроузла — яркий пример постоянного творческого сотрудничества проектировщиков и строителей, позволяющего находить необычные решения, эффективно работать в сложных природных условиях и добиваться хорошего качества возводимых сооружений.

Андижанский гидроузел на р. Карадарье

Технический проект Андижанского водохранилища на р. Карадарье был разработан в двух вариантах: с бетонной массивно-контрфорсной плотиной и с плотиной из галечника с ядром из суглинка. В октябре 1969 г. Экспертизой Госплана СССР утвержден и принят к строительству вариант с бетонной массивно-контрфорсной плотиной, образующей водохранилище емкостью 1,75 км³ (полезная 1,6 км³) при высоте плотины 115,5 м, предельно возможной по топографическим условиям Кампырратского ущелья. В состав гидроузла входят водовыпуск (230 м³/с), ГЭС мощ-

ностью 140 тыс. квт (192 м³/с) и водосбросы (1700 м³/с); головной регулятор правобережного канала Ту (34 м³/с) расположен на подводящем канале ниже плотины.

Объем основных бетонных и железобетонных работ по гидроузлу составляет 3,7 млн. м³, по применению металла и металлоконструкций 110 тыс. т, по выемке грунта 3,15 млн. м³, в том числе скального 1,5, насыпи — 1,23.

Более подробные сведения по Андижанскому водохранилищу и гидроузлу приведены в томе II.

Поверхность скальных пород в русловой части имеет наиболее высокие отметки в начале ущелья, а на бортовых склонах, наоборот, в конце. Участки скального основания с более высокими деформативными и прочностными характеристиками пород расположены в полосе шириной 150—200 м вверх от Кампырратского водного узла. Полоса сохранившихся пород имеет ломаную форму: бортовые участки по отношению к русловому расположены под углом 20—25° в сторону нижнего бьефа. В связи с этим плотина принята криволинейной с радиусом 1000 м.

Бетонная плотина со спаренными контрфорсами состоит из 33 секций шириною 25 м и двух устоев. Длина бетонной части плотины 965 м. Условия сопряжения водобоя с существующими ирригационными каналами требовали расположения плотины выше Кампырратского водного узла на расстоянии не менее 150 м.

Плотина Андижанского водохранилища по своей конструкции отличается от подобных гидротехнических сооружений, строящихся в Советском Союзе. Плотины Зейской ГЭС и Кировского водохранилища на р. Таласе имеют одиночные контрфорсы. Уменьшение объема бетона по сравнению с гравитационной плотиной на этих гидроузлах составляет не более 15%. На плотине Андижанского водохранилища за счет дополнительной внутренней полости экономия бетона по сравнению с гравитационной составляет 30%.

Инженерно-геологические условия. В створе гидроузла находятся метаморфические сланцы моноклиналиного залегания с крутым (65—90°) падением в сторону нижнего бьефа; по минералогическому составу это кварц-серпент-хлоритовые (грубополосчатые) и хлорит-серпент-кварцевые (тонкополосчатые), преобладают (85% площади основания) сланцы грубополосчатой текстуры; тонкополосчатые сланцы в основном залегают на участке левобережного примыкания. Кроме того, встречаются локальные участки катаклазированных и черных сланцев, про-

низанных мелкими штоками и дайками дпори- тов (общая площадь не более 3%).

Проведен комплекс определений прочност- ных и деформативных характеристик пород основания, выявлены расчетные прочностные и деформативные характеристики пород для текстурных разностей и состояния пород, в том числе ослабленных действиями взрывов; установлено влияние на эти характеристики укрепительной цементации. Получены зависи- мости между геофизическими характери- стиками скалы и деформативными ее свойства- ми. Разработаны геотехнические модели рас- чета оснований совместно с сооружением.

Приводим основные характеристики скаль- ных пород основания:

Показатель.	Груболо- лосча- тые	Тонколо- лосча- тые	Измер- женные
Временное сопротивле- ние сдвигу, кг/см ²	500	550	850
Объемный вес, т/м ³	2,6—2,78	2,7—2,78	2,5—2,89
Коэффициент крепости, т/м ³	4—12	4—12	12—16
Средняя модуль дефор- мации, кг/см ²	6000	49000	—
Коэффициент трения	0,501	0,626	—
Сцепление при сдвиге, кг/см ²	2,7	1,8	—

Район строительства Андиганского водо- хранялища по сейсмичности относится к 9- балльной зоне.

Породы основания характеризуются срав- нительной однородностью, слабой выветре- лостью, весьма слабой водопроницаемостью, средней прочностью.

Прочность и сохранность пород, слагаю- щих основание, определяется текстурной связ- ностью породообразующих минералов по по- верхностям сланцеватости. Сравнительно не- большое нарушение этих связей в породе вы- зывает разуплотнение скалы на значительную глубину. Установлено, что взрывы скважных зарядов дают глубину разуплотнения до 4 м, взрывы шпуровых зарядов до 1,5 м. Поэтому скважные заряды применяются только при глубине выемки более 7 м, после этого поро- ды на глубину 3 м разрабатываются шпуро- выми зарядами и затем на 1—1,5 м механиче- скими способами или вручную.

Зона разуплотнения пород в основании в процессе разработки котлована определяется геофизическими методами. Сейсмическое воз- действие взрывов на основание контролирует- ся с помощью сейсмостанций, установленных в районе стройплощадки. До отработки и внедрения этих методов бурозрывные работы велись при недостаточном контроле, что при- вело к переборам ниже проектных отметок на

участке секций 15—22 в среднем на 1,5 м. Поз- же переборов не наблюдалось (секции 23— 30), а в русле реки (секции 7—14) удалось да- же уменьшить глубину разработки и поднять основание выше проектных отметок на 1—2 м.

Породы основания расчленены системами тектонических трещин крутого (50—90°) па- дения шириной от 1 до 3 м, образующих ос- новную блочность основания. В местах пере- сечения крупных трещин шириной более 10 см встречаются зоны интенсивной трещиновато- сти (котлы). При разработке зоны разуплот- нения пород и подготовке основания для ук- ладки бетона мелкие локальные трещины ши- ринной до 10 см, если их площадь не превы- шает 5% площади блока, оставляются в ос- новании без заделки. Более крупные трещины расчищаются на глубину, равную двум шири- нам, и заделываются бетоном. Крупные тре- щины шириной 1—3 м и более, пересекающие основание нескольких секций, и зоны интен- сивной трещиноватости (котлы) расчищаются и заделываются бетоном по специальному про- екту. Всего предусмотрено на заделку текто- нических трещин в основании 150 тыс. м³ бетона.

Исследование тела плотины. Для отработки конструкции плотины с бетон- ными спаренными контрфорсами и разработ- ки технологических правил ее возведения про- веден комплекс научно-исследовательских и экспериментальных работ.

Для определения прочности и несущей спо- собности плотины при воздействии основных и особых сочетаний нагрузок проводились исследования на моделях из хрупких материа- лов электротензометрии (испытано 42 модели в масштабе 200, 100, 50, 15, в том числе 4 мо- дели пространственные), на 6 моделях из оп- тически активных материалов на основе эпок- сидных смол — поляризационно-оптическим ме- тодом и на математических моделях — мето- дом конечных элементов. Проведены испыта- ния 2 моделей для определения напряженного состояния плотины в эксплуатационный период от температурных воздействий. Моделирова- ние температурного поля осуществлялось с помощью электронагревательной системы с принудительным охлаждением.

В результате исследований установлена не- обходимость устройства фундаментальной плиты и армирования прискальной зоны, ус- тройства вертикальной диафрагмы для увели- чения боковой жесткости секций и попарного омоноличивания секций; выявлены также осо- бенности напряженного состояния секций в пространственных условиях для русловых и бортовых участков.

Расчеты и модельные исследования показали, что величина главных напряжений для особых случаев нагрузки при сейсмическом коэффициенте $K=0,1$ и $0,4$ находятся в пределах, допустимых для бетонных плотин, так как не превышала на низовой грани 35 и 50 кг/см². Общий коэффициент запаса устойчивости доведен до нормативного путем придания подошве основания плотины уклона T° к горизонту.

Отработана конструкция противофильтрационных устройств в основании плотины (9 опытных участков на стадии изысканий и 7 в производственных условиях). Выполнены определения характеристик фильтрационного потока в основании плотины методом ЭГДА в условиях плоской и плановой задач. Определены конструкция цементационной завесы и ее назначение — повышение суффозионной устойчивости заполнителя трещин и ликвидация участков опасной фильтрации в основании, которая может возникнуть после наполнения водохранилища. Отработана конструкция дренажа основания в русловой части плотины и в бортовых примыканиях.

Конструкция водопропускных сооружений и режим их работы разрабатывались на основе лабораторного проектирования. Изготовлено и испытано 11 гидравлических моделей целых сооружений и отдельных фрагментов. В результате принята трехъярусная схема расположения водопропускных отверстий, определены их гидравлические характеристики, режим работы, расчетные нагрузки на затвор и водобой.

Исследования по производству работ. Проведен комплекс экспериментов с целью выбора способа производства бетонных работ, а также конструкции опалубки, строительного оборудования и машин для механической разработки скалы в слое ручных разработок.

Рекомендован в производство послойный метод укладки бетона, предложены технологические правила возведения плотины, разработана и внедрена в производство комплекс мероприятий по обеспечению расчетного температурного режима бетонной кладки. В качестве опалубки приняты сборные железобетонные армопанели (9 типоразмеров), изготовлены новые строительные механизмы и приспособления для внутриблочных работ, запроектированы новые порталы для кранов КБГС-450 с установкой их в полости между секциями плотины и налажен их выпуск. Внедрены в производство скалорезные и буровые машины, экскаваторы ЭКГ-4,6, оборудованные обратной лопатой для разработки скалы без предварительного рыхления. Выполнены

работы по подбору составов бетона и организован выпуск специального вида цемента (АПЦ).

Несмотря на принятый метод послойной укладки бетона, прискальная зона плотины на высоту $20—30$ м возводилась по всему фронту отдельными столбами (элементами). Котлован плотины от оси до низового откоса имеет меньшую глубину выемки. Поэтому подготовка основания под укладку бетона на участке элемента III (низовой оголовки), как правило, опережала разработку котлована под контрфорсы (элемент II). Укладку бетона в элемент I (верховой оголовки), наиболее заглубленную часть плотины, производили в последнюю очередь. Это привело к необходимости устройства объемных швов между элементами секции с последующей их заделкой бетоном.

Омоноличиванию объемных швов предшествуют работы по охлаждению бетонной кладки до температуры $11^\circ \pm 3^\circ\text{C}$ при сварке арматуры прискальной зоны, по удалению опалубки и очистке поверхности шва. Трудоемкие работы в стесненных условиях снижали темпы укладки бетона в плотины. Особенно сложными были очистка нижней части объемного шва и работы по сварке арматуры. Для исключения этих работ в русловых секциях рабочая арматура на участке шва устанавливалась без разрыва и бетонировалась в специальном кондукторе, выполненном из спирально свитой проволоки, обтянутой мелкой металлической сеткой. Пустоты, образованные кондукторами после омоноличивания строительных швов, заполнялись густым цементным раствором.

Изменения, вносившиеся в проект в процессе строительства. При возведении плотины некоторые элементы претерпели конструктивные изменения. Необходимость их определена ходом строительства и способами производства работ или несовершенством проектных решений. Котлован плотины первой очереди запроектирован с заложением откосов в скале $0,25$. На участке полостей секций скалы не разрабатывалась, а оставалась в виде отдельных выступов, разделенных между собой траншеями под стенки контрфорсов шириной 5 м. Весной при обильных осадках на откосах этих выступов образовались заколы, они обрушались. На участке секций 15—22 высота скальных выступов в полостях секций достигала $7—10$ м. Все это осложняло производство работ и было небезопасным для работающих, поэтому выступы при подготовке блока к бетонированию были удалены.

В котловане русловых секций за счет увеличения объемов скальных работ эти недостат-

ки были устранены, заложение откосов было принято равным 0,5. Высота скальных выступов в полостях секций снижена до 2—3 м.

В процессе строительства претерпели изменения конструкции временных и постоянных швов. С целью обеспечения температурно-осадочных деформаций бетонной кладки в строительный период оголовки секций отделены от контрфорсов временными строительными швами. Строительные швы запроектированы наклонными, параллельными верховой и низовой граням плотины. Такая разрезка секции плотины строительными швами по условию недопущения завала оголовков на контрфорсы требует, чтобы работы по омоноличиванию швов велись вслед за бетонной кладкой в высоту с разрывом не более 15 м.

Ограниченность фронта работ и возросшие темпы укладки бетона в 1975 г. потребовали увеличения высоты свободно стоящих без омоноличивания швов оголовков секций вдвое. Это было обеспечено заменой наклонного шва ступенчатым. Высота одной ступени шва равна 3 м, ширина 1 м. Каждая ступень шва представляет собой законченную карту цементации. За счет горизонтальной части шва предотвращается завал оголовка на контрфорсы, но при этом необходимо за счет искусственного снижения температуры бетона оголовков поддерживать ее одинаковой с температурой бетона контрфорсов, тем самым исключается неравномерность вертикальной деформации бетона отдельных частей секции.

Предусмотренная проектом конструкция деформационного шва между секциями состояла из двух металлических и одной битумной шпонки с электронагревательным элементом. Как показал опыт, строителям не удался качественный монтаж нагревательного элемента. По рекомендации ВНИИГ им. Веденеева, конструкция деформационного шва была изменена: от металлических шпонок и устройства нагревательных элементов отказались и в шве были установлены одна металлическая шпонка и одна битумная без нагревательных элементов.

В процессе работ выявилась необходимость некоторого изменения формы верховых оголовков и устройства вутов на диафрагме (ребра жесткости на контрфорсах). Размеры верхового оголовка по оси секции за счет перераспределения объемов были увеличены на 3 м, что улучшило маневренность механизмов в блоке и уменьшило градиент фильтрации со стороны верхнего бьефа. Диафрагма и стенки контрфорса были соединены между собой под прямым углом, что приводило иногда к трещинообразованию и необходимости уста-

новки контурной арматуры. Устройство вутов позволило исключить эти недостатки и улучшить маневренность строительных механизмов в блоке.

В процессе строительства появилась также необходимость в частичном изменении конструкции бортовых секций плотины. Цементационная потеря в зубе плотины на бортовых участках имела наклон более 30°, что сильно усложняло конструкцию, затрудняя производство бетонных работ и работ по цементации основания. Поэтому от устройства вдоль основания напорного откоса потерны отказались. Цементация основания будет выполняться из полостей секции, что предусмотрено в проекте бортовых секций.

Чарвакский гидроузел на р. Чирчике

Комплексное использование подных ресурсов р. Чирчика в 1963 г. началось со строительства Чарвакского гидроузла с водохранилищем объемом 2,0 км³. Комплекс гидротехнических сооружений с плотной высотой 168 м и гидроэлектростанцией мощностью 600 тыс. квт построен для следующих целей:

гарантированное водообеспечение в маловодные годы поливных земель на площади около 335 тыс. га, а также прирост нового орошения на площади 146,5 тыс. га с преимущественным использованием их под хлопчатник,

улучшение водоснабжения городов и населенных пунктов в долине реки,

борьба с паводками и селями, а в зимний период — с шугой на р. Чирчике,

выработка 2 млрд. квт·ч электроэнергии на Чарвакской ГЭС и свыше 200 млн. квт·ч дополнительной энергии на расположенном ниже каскаде гидроэлектростанций,

мобильный аварийный резерв мощности энергосистемы и широкая возможность суточного регулирования мощности для покрытия пика нагрузки;

использование благоприятных микроклиматических условий района водохранилища для организации массового отдыха трудящихся и налаживание новой транспортной связи Ташкента и Чирчика с районом зоны водохранилища.

Удовлетворение нужд ирригации для расчетной площади орошения производилось по малоплодному году 95%-ной обеспеченности, что определяло с учетом водопотребления для промышленности и населения необходимость сезонного регулирования стока Чирчика в водохранилище с полезной емкостью 1580 млн. м³.

Для повышения минимального напора ГЭС (отметки горизонта мертвого объема) подпорный горизонт водохранилища был повышен с доведением объема его до 2,0 км³. Чирчик в створе водохранилища имеет среднегодовой расход 208 м³/с. Максимальный расход наблюдался 1600 м³/с и минимальный 23 м³/с. Расчетный паводок 0,01%-ной обеспеченности определен в 2400 м³/с. Годовой сток реки колеблется от 4,2 до 11,3 млрд. м³.

Твердый сток в отличие от стока большинства других рек Средней Азии невелик — в среднем 3 млн. т в год, взвешенные наносы составляют 12—14%. Преобладающий вид ледообразований — шуга. Продолжительность шугохода — до 25 дней, а сток шуги — 9—9,5 млн. т.

Сооружения гидроузла располагаются в основном на толще слоистых дислоцированных и трещиноватых известняков каменноугольного возраста. За пределами створа на данном участке ущелья имеются выходы полускальной породы, на контакте с которой известняки закарстованы. Карст локального распространения отмечается преимущественно в полосе береговых террас современного вреза реки.

На береговых террасах каньона известняки прикрываются конгломератом и делювиальными грунтами. Мощность аллювия в русле невелика — 4—6 м.

Трещинная пустотность известняков ниже зоны выветривания составляет от 3 до 1,5%, довольно интенсивно затухая с глубиной. Мелкие трещины выполнены кальцитом. Трещины напластования заполнены глиной трения. Глинистые прослои известняка, как показали специальные опыты, весьма устойчивы против вымыва при градиентах, значительно превосходящих проектный напор сооружений.

Удельное водопоглощение пород измеряется от тысячных до десятых долей литра и лишь в локальных зонах — литрами в минуту.

Помимо известняков, за пределами створного участка, особенно в центральной части ущелья на левом берегу, развита полускальная порода, представляющая собой метаморфизированные гидротермальными процессами известняки («каранкулиты»). Эта порода обладает значительно меньшей прочностью и несравненно меньшей водопрооницаемостью.

Район сооружения Чарвакского гидроузла — сейсмичный, на основании исследований и анализа данных Ташкентского землетрясения (26 апреля 1966 г.) он отнесен к 8-балльной зоне.

В результате рассмотрения вариантов гидроузла с каменно-земляной и бетонной (гравитационной) плотинами, различных составов и компоновок сооружений с оценкой наибольшего соответствия их природным условиям принят гидроузел с каменно-земляной плотиной из местных материалов.

В состав основных сооружений гидроузла входят каменно-земляная плотина, водосбросные сооружения на левом берегу и сооружения гидроэлектростанции — на правом.

Плотина высотой 168 м и длиной по гребню 765 м имеет прямолинейную ось, симметричный профиль и состоит из центрального суглинистого ядра, двухслойных песчано-гравелистых переходных зон (фильтров) и боковых призм из уплотненной каменной насыпи, а также наброски. Общий объем тела плотины, включая встроенную верховую и низовую переемычки, — 19,3 млн. м³.

Одна из особенностей конструкции плотины — устройство под подошвой ядра, в каньонной части русла, на высоте 16 м бетонного основания («пробки») объемом 40 тыс. м³. Благодаря этому смягчается резкая неравномерность высоты ядра плотины в каньоне и на береговых террасах.

В дополнение к этому по периметру основания ядра выполнена бетонная потерня размером 3,8×4,0 м, которая является как бы зубом ядра, обеспечивая врезку его в основание, сложенное слоистыми известняками. Из потерны производилась цементация скального основания на глубину 8—10 м под давлением до 6 атм, а также двухрядная цементная завеса глубиной до 100 м, практически до зоны с удельным водопоглощением известняков 0,01 л/мин. Благодаря потерне обеспечивалось совмещение работ по возведению суглинистого ядра, цементации его основания и созданию завесы. Цементация основания ядра с поверхности котлована производилась под давлением 0,5—2,0 атм.

Укладка грунтов и камня в тело плотины велась механическим уплотнением с соблюдением следующих требований к их объемному весу: суглинистое ядро — 1,75 т/м³, песчано-гравийный материал переходных зон (фильтров) — 2,2 т/м³, камень упорных призм (горная масса) — 1,85—1,95 т/м³.

Основные сооружения гидроузла, в первую очередь плотина, широко оборудованы контрольно-измерительной аппаратурой (КИА), обеспечивающей наблюдение за деформациями элементов тела плотины и процессами фильтрации в теле и основании, а также определение напряженного состояния и порового давления грунта в ядре и бетона

в потерне плотины, пульсационных давлений потока и кавитационных явлений в водосбросных сооружениях на облицовках и затворах оборудования. В потерну и смотровые шахты плотины выведены коммуникации КИА и датчики наблюдения.

Водосбросные сооружения гидроузла размещены на левом берегу ущелья и состоят из шахтного водосброса и двух строительных туннелей двух ярусов. Эти сооружения подключаются к общему отводящему тракту — безнапорному туннелю круглого сечения и открытому бетонированному каналу за ним, впадающему в реку ниже плотины. Принятые схемы пропуска строительных расходов через два яруса туннелей обусловлено высотой плотины и большим напором, а также экономичностью пуска гидроэлектростанции с промежуточного подпорного бьефа.

При выборе типа катастрофического водосброса рассматривалось несколько вариантов, из которых по стоимостным показателям и условиям надежности гидравлической работы оптимальным признан водосброс шахтного типа. Строительная высота шахты водосброса 154 м, водослив ее имеет полуциркулярное очертание в плане с пятью отверстиями, перекрываемыми поверхностными сегментными щитами размером 4,5×15 м. Шахта, имеющая диаметр 11 м, коленом сопрягается с отводящим туннелем. Полная длина туннеля первого яруса — около 1 км, а внутренний диаметр 11 м, он выполнен в бетонной отделке и рассчитан на пропуск 1410 м³/с (расход 1%-ной обеспеченности) при высоте перемычки около 20 м. При проходке туннеля на участках в слабых породах диаметр выломки достигал 15 м; проходка велась с металлическим креплением.

С вводом первых агрегатов ГЭС (1970 г.) расходы реки свыше пропускной способности турбин регулировались затворами, установленными в конце туннеля первого яруса, и, будучи рассчитанными на напор до 80 м, обеспечивали подъем горизонта воды в верхнем бьефе.

Секторные затворы размером 6,0×6,0 м с управляемым уплотнением были впервые выполнены в СССР. С возведением плотины и подъемом горизонтов водохранилища произведен перепуск расходов реки (сверх пропускной способности турбин) на туннель второго яруса, который, имея порог на 72 м выше туннеля первого яруса, проходит над его трассой и заканчивается над выходным порталом туннеля первого яруса, сбрасывая расходы в его отводящий канал. Второй ярус строительного туннеля остается для постоян-

ной эксплуатации как холостой сброс ГЭС и как ирригационный водовыпуск водохранилища. С этой целью он оборудован помещением с такими же высоконапорными затворами.

Шахтный водосброс и отводящий его туннель рассчитаны на расход 1700 м³/с, что с учетом трансформации паводка и расхода, проходящего через турбины гидроэлектростанции, составляет величину с 0,01%-ной обеспеченностью (2400 м³/с).

Сооружения гидроэлектростанции расположены на правом берегу и состоят из глубинного водоприемника, двух подводных напорных туннелей и здания гидроэлектростанции с коротким отводящим каналом.

Глубинный водоприемник с врезанным в косогор подводным каналом имеет подземную камеру плоских затворов и шахту к ним с площадкой на уровне гребня плотины; строительная высота сооружения 90 м. Водоприемник обеспечивает водозабор в два подводных напорных туннеля и рассчитан на расход гидроэлектростанции 585 м³/с.

Подводящие напорные туннели (диаметр по 9,0 м) проходят на двух горизонтах, сочлененных вертикальными стояками в местах изменения направления трассы, и по выходе из скального массива заканчиваются наружными металлическими развилками в бетонной заделке. Длина напорных туннелей 770 и 850 м, расстояние между осями 33 м.

Здание гидроэлектростанции размещается вблизи подошвы правобережного крыла низового откоса плотины. Оно оборудовано 4 гидроагрегатами: радиально-осевыми турбинами с диаметром рабочего колеса 4,1 м и гидрогенераторами мощностью по 150 тыс. квт. Помимо основного оборудования, в турбинном помещении здания ГЭС размещены и дисковые затворы турбин диаметром 5 м, впервые выполненные на расход 178 м³/с и напор 160 м.

К монтажной площадке здания ГЭС, по нижней берме низового откоса плотины, через отводящий канал водосброса подведен железнодорожный путь с прирельсовой базой строительства на левом берегу Чирчика.

Чарвакский гидроузел введен в постоянную эксплуатацию.

Чардаринское водохранилище на р. Сырдарье

Емкость 5,7 млрд. м³, имеет 2 отдельных гидроузла: речной на Сырдарье и Арнасайский в горловине Арнасайского понижения.

Район водохранилища находится в концевой части среднего течения Сырдарьи в равнинных пространствах к северу от Нуратин-

ских и Туркестанских гор, захватывает часть пустыни Кызылкумы, равнины Голодной степи, понижения Арнасай и долины Сырдарьи.

Климат пустынный, резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха 13—14°C, максимальная летняя +47°, минимальная зимняя —34°. Годовое количество осадков 170—200 мм, испарение — 1157 мм. Створ Чардаринского узла располагается у возвышенности Джаусумкум, где приречное понижение сужается до 5 км. Чаша водохранилища имеет крутой холмистый правый берег четвертичных возрастов с выходами меловых пород в районе створа гидроузла. Левый борт долины сложен золотыми песками равнины Кызылкумы.

Бетонные сооружения речного гидроузла имеют в основании коренные породы, сложенные алевритами, мергелистыми глинами, песками и песчанками с прослойками конгломерата. пойменная часть реки, где располагается земляная плотина, сложена мелкозернистыми песками.

Участок под сооружения на выходе в Арнасайское понижение сложен на глубину до 8—10 м оплывающими супесями, лежащими на 2—5-метровом слое глины и на мощной толще плавучих мелкозернистых песков с прослойками супеси и суглинков.

Годовой сток Сырдарьи в створе Чардары неравномерен: от 6,0 до 51,2 км³ при среднемноголетнем 22,4 км³. Наибольший расход 4200 м³/с зафиксирован в 1969 г., наименьший — 130 м³/с.

В водохранилище аккумулируется зимний сток, он используется в летний период для обеспечения водой орошаемых земель в низовьях Сырдарьи, получения приростов орошаемых земель на Кызылкумском массиве на левом берегу ниже Чардары и выработки электроэнергии на ГЭС мощностью 100 тыс. квт.

Чардаринское водохранилище позволило развивать орошение в Голодной степи, не снижая обеспеченности низовьев.

Водоохранилище и Арнасайский сброс защищают населенные пункты, земли и железную дорогу от наводнений, возникающих в Сырдарье от паводков летом и от зажорных явлений зимой.

Компоновочные решения. В течение длительного периода (с 1931 г.) решения по компоновке водохранилища неизменно были связаны с использованием Арнасайской впадины, тянувшейся от Сырдарьи.

Арнасайская впадина протяженностью 200—220 км является замкнутой, дно ее на 20 м ниже затопленной поймы Сырдарьи.

Емкость по урезу Чардаринского водохранилища 62 км³, а мертвый, не соединяемый с Чардаринским водохранилищем объем — около 36 км³; занимают площадь, равную 4500 и 3300 км².

Такая огромная естественная емкость постоянно наводила на мысль о рассмотрении возможности использования ее с целью многолетнего регулирования р. Сырдарьи. Однако неблагоприятные факторы — непомерный мертвый объем, потери на первоначальное насыщение дна и бортов в количестве 15 км³, годовые потери на испарение и фильтрацию не менее 4 км³ — не позволили принять такое решение.

Проект Чардаринского водохранилища утвержден и осуществлен с использованием Арнасайской емкости для сброса избыточных паводковых вод и ограничения поступления расходов свыше 400 м³/с ниже Чардары в период ледостава и зажоров. Эта схема была успешно применена в чрезвычайных условиях раннего весеннего паводка 1969 г., когда в низовьях река еще была скована льдом. Из общего стока в створе Чардары 51 км³ в Арнасайское понижение было сброшено 23 км³. Несмотря на то, что в последующие 6 лет в Арнасай было сброшено из Чардаринского водохранилища 2,6 км³, из коллекторной сети Голодной степи 6 км³ поступили осадки в количестве 3 км³, к концу 1974 г. в Арнасае осталось всего 14,3 км³. Таким образом, потери Арнасайской емкости за 6 лет составили 20 км³, в среднем 3,4 км³/год.

С завершением строительства крупных регулирующих водохранилищ в бассейне Сырдарьи — Токтогульского на Нарыне, Чарвакского на Чирчике и Анджанского на Карадарье общей емкостью около 24 км³ с учетом действующих водохранилищ (Кайраккумское, Чардаринское, Керкидонское, Касансайское и др.) и повсеместно строящихся селехранилищ — сбросы в Арнасай резко сократятся и со временем будут исключены.

Чардаринский узел состоит из намывной плотины и бетонного узла сооружений с гидроэлектростанцией мощностью 100 тыс. квт, совмещенной с водосбросами. Пропускная способность гидроузла ограничена размером безопасных попусков в низовьях и не превышает 2100 м³/с. Для орошения земель Кызылкумского массива, расположенного на левом берегу Сырдарьи, построен регулятор на 200 м³/с на левобережном участке плотины.

Арнасайский узел сооружений состоит из укатанной супесчаной плотины и сбросного сооружения на расход 2100 м³/с. Земли северо-западной части Голодной степи защищены

от затопления и подтопления дамбой обвалования длиной 18 км и 41 скважиной вертикального дренажа.

Земляная плотина. Плотина длиной 5,3 км и высотой до 26 м возведена из мелких песков намывным способом. Намыв объемом 9 млн. м³ произведен безэстакадным способом трестом «Гидромеханизация» за 3 года. Откосы плотины закреплены железобетонной облицовкой толщиной 28—40 см по слою фильтра — с напорной стороны и местным гравелисто-суглинистым грунтом — с низовой.

Напорный откос тела плотины после планировки дополнительно уплотнялся катками для повышения динамической устойчивости.

Низовой откос плотины на береговой части имеет трубчатый дренаж, состоящий из дренажных труб с каменной пригрузкой и двухслойным обратным фильтром. Этого мероприятия из-за неоднородности основания и наличия напорного горизонта оказалось недостаточно и для снятия напорной фильтрации на дне коллектора, проходящего вдоль подошвы низового откоса, был устроен сплошной ряд разгрузочных самоизливающихся скважин со средним шагом 25 м и глубиной 10 м, что оказалось весьма эффективным.

На русловом участке плотины с верховой стороны располагается упорная каменная призма, служившая банкетом для перекрытия русла реки, а с низовой — дренажная призма с двухслойным обратным фильтром. При строительстве плотины впервые в крупном масштабе укладка бетона крепления переходного откоса объемом 120 тыс. м³ выполнена бескрановым способом с помощью бульдозеров.

Опыт эксплуатации плотины с 1965 г. подтвердил правильность принятых решений. Все элементы плотины работают вполне удовлетворительно.

Водосброс, совмещенный с гидростанцией.

На гидроузле впервые применена полностью совмещенная компоновка на ГЭС в центральной части и боковых (4 отверстия) донных водосбросов, позволяющих при необходимости произвести полную сработку водохранилища. Гашение энергии воды в нижнем бьефе осуществлено за счет использования бьефа ГЭС и принципа соударения струй, поступающих из симметрично расположенных донных водосбросов. В результате водобой и рисберма сконструированы весьма компактно.

Одна из особенностей проекта и строительства — широкое применение конструкций из сборно-монолитного железобетона. Применение этих конструкций позволило ускорить возведение его при минимальных затратах

лесоматериалов. В широком масштабе были использованы пространственные облицовочные блоки для подпорных стенок, армоплиты, включающие рабочую арматуру для массивных стен и быков, пространственные облицовочные блоки оголовков бычков, несущие плитные или балочные элементы сборно-монолитных перекрытий, армокороба для создания шахт и т. п. Сборные элементы проектировались весом до 10 т, отдельные конструкции до 27 т.

Кызылкумский регулятор. Регулятор на 200 м³/с состоит из оголовка, трехчковой трубы под телом намывной плотины и сопрягающего участка нижнего бьефа. Оголовок башенного типа вынесен в водохранилище перед плотинной высотой 18 м, размерами в плане 12×23 м. Трехчковая труба с сочетаниями отверстий 3,5×3,5 м работает в безнапорном режиме. Труба выполнена по длине из 5 секций по 20 м.

Сопрягающий участок нижнего бьефа состоит из наклонного участка, водобойного колодца с гасителями и рисбермы. В водобое гасящие устройства выполнены в виде забрала ломаного очертания, закрепленного в стенках и в двух промежуточных бычках, и сквозной водобойной стенки на конце участка.

При разработке котлована применено глубинное водопонижение с помощью иглофильтровых установок.

Земляная плотина Арнасайского узла. Плотина высотой 10 м имеет длину 2 км, возведена из супесчано-суглинистых грунтов с содержанием гипса в среднем 7,5%. В основании плотины залегают аналогичные супеси и суглинки с содержанием гипса 7—20%, а в некоторых участках — до 30%. Залегание гипса в плане и по высоте не имеет закономерности.

Заданный проектом объемный вес тела плотины 1,7 т/м³ при оптимальной влажности 14—18% в процессе производства работ вследствие заглипсованности грунтов легко доходил до 1,9 т/м³. Переуплотнения грунтов во избежание растрескивания не допускалось.

Напорный откос плотины закреплен монолитными железобетонными плитами размером 10×10 м, толщиной 0,25 м по гравийно-песчаной подготовке толщиной 0,15 м. Заложение откоса 1:3.

Сбросное сооружение Арнасайского узла. Оно проектировалось применительно к сложным гидрогеологическим условиям строительства. В основании сооружения находится 3—5-метровый слой глины, подстилаемый плывунным песком с напорным горизонтом грунто-

вых вод. Грунтовые воды сульфатно-агрессивны по отношению к любым видам цемента.

Указанные обстоятельства определили необходимость проектирования сооружения распластанного типа, расположенного на глинах и защищенного от действия сульфатной агрессии и размыва воронки в нижнем бьефе. Щитовая секция принята в виде 4-пролетного водослива с широким порогом. Ширина каждого отверстия 10 м. С целью обеспечения устойчивости сооружения затворы расположены в нижней половине секции.

Защита от сульфатной агрессии решена путем устройства гидронизоляционного ковра по слою бетонного гребенчатого (по условиям сдвига) основания. Сопряжение с телом земляной плотины осуществлено устоями контрфорсного типа.

Со стороны нижнего бьефа быстроточная часть, водобой и рисберма приняты равномерно расширяющимися под углом 15° общей длиной 102 м. Для гашения энергии и выравнивания потока устроена ломаная водобойная стенка, а за ней, на рисберме — 4 ряда пирсов. Отличительная особенность сооружения — завершение его рисбермы ячеистым зубом глубиной 14 м в целях защиты от подмыва самого сооружения и низового откоса.

Для разгрузки напорного горизонта вод в плавучих песках была выполнена система совершенных самонзливующихся скважин из винипластовых труб, обсыпанных фильтром и оборудованных смотровыми колодцами и задвижками для возможности определения уровня напорных вод и (в случае необходимости) промывки скважины.

Для предотвращения выпора грунта основания напорными водами работы по котловану велись под защитой глубинного водопонижения из 20 скважин, оборудованных насосами АТН-8. Частично напор снимался через незабетонированные участки плит основания и одну нглофильтровую установку.

Нурекский гидроузел на р. Вахше

Вахш имеет смешанное ледниково-снеговое и частично грунтовое питание. Водосборная площадь его равна 30,7 тыс. км², средне-многолетний сток в створе гидроузла — 20,5 км³, средне-многолетний расход — 645 м³/с. Наибольший расход паводка — 3900 м³/с; в средних числах октября устанавливается меж-женное состояние реки с расходами 120—200 м³/с. Расчетный максимальный расход в створе гидроузла (0,01%-ной обеспеченности) — 5400 м³/с.

На участке сооружений гидроузла река течет в узком горном ущелье, сложенном скальными осадочными породами мелового периода, представленными пересланяющейся толщей песчаников и алевролитов с углом падения пластов $30-35^\circ$ в сторону верхнего бьефа.

Временное сопротивление сжатию песчаника равно 1020—1600 кг/см² и алевролитов 790—1550 кг/см². Трещиноватость пород развита слабо, с глубиной резко уменьшается. Характерная особенность алевролитов — быстрое их разрушение в поверхностях обнажения на глубину до 1 м. Борты ущелья поднимаются над рекой более чем на 400 м под углом около 45° . Нижняя часть ущелья представляет собой узкий каньон шириной 30—60 м.

На пологих участках склоны ущелья прикрыты делювиальными отложениями, мощность которых в отдельных местах достигает 20—25 м; мощность аллювия в русле реки — от 13 до 20 м.

В массиве скальных пород встречаются зоны тектонического дробления. Расчетная сейсмичность района строительства гидроузла оценивается 9 баллами.

В гидроузел входят каменно-земляная плотина с ядром высотой 300 м, длиной по гребню 704 м, объемом насыпи 56 млн. м³, комплекс сооружений гидроэлектростанции мощностью 2700 тыс. квт, расположенных на правом берегу, два эксплуатационных туннельных водосброса с поверхностным и глубинным водозаборами, расположенных на левом берегу и рассчитанных на пропуск максимального расхода в 4000 м³/с. Расходы реки в период строительства гидроузла пропускались через 3 туннеля с площадью сечения по 103 м², длиной по 1610, 1600 и 1400 м, расположенных в три яруса на левом берегу и рассчитанных на расход 3200 м³/с.

Плотиной создано водохранилище для сезонного и частично многолетнего регулирования стока Вахша общей емкостью 10,5 км³ и полезной 4,5 км³ при сработке на 53 м. Создаваемый плотиной подпор распространяется на 70 км; площадь зеркала водохранилища 98 км².

Основные объемы строительных работ: открытая выемка грунта 8300 тыс. м³, в том числе скального 5500, подземная выломка скал 2000, насыпь — 59000 тыс. м³, бетонные 730 (открытые) и 900 (подземные).

Строительство гидроузла ведется с 1962 г. Гидроузел вводится в эксплуатацию в две очереди. Первая очередь с плотиной высотой около 140 м введена в эксплуатацию в

1972 г. Этим обеспечиваются попуски воды из водохранилища для промывных и влагозарядных поливов земель в низовьях Амударьи, а также пуск первых 3 агрегатов гидроэлектростанции.

После полного завершения строительства гидроузла Нурекская ГЭС будет вырабатывать ежегодно 11,2 млрд. квт·ч электроэнергии. Кроме того, непосредственно из водохранилища будет обеспечиваться самотечное орошение 80 тыс. га в Дангаринской степи.

Сооружение уникального Нурековского гидроузла в горном районе с возможной силой землетрясения до 9 баллов потребовало отработки принципиально прогрессивных технических решений (выбор типов, конструкций сооружений и их оборудования) и методов производства работ по их возведению.

Плотина. Среди построенных и строящихся плотин всех типов Нурекская каменно-земляная плотина высотой 300 м самая высокая в мире. Близкие к ней по высоте плотины из местных материалов 244 м (Майка в Канаде), 224 м (Оровилл в США), 203 м (Кебан в Турции).

В процессе проектирования гидроузла рассмотрен ряд вариантов. Установлено, что лучшие по стоимостным показателям — варианты с каменно-земляной и бетонно-арочной плотинами. Однако большие запасы местных материалов вблизи створа плотины и малая чувствительность каменно-земляных плотин с ядром к возможным деформациям основания при землетрясениях определил окончательный выбор.

Для теоретического и экспериментального исследования физико-механических свойств материалов для тела плотины, а также выяснения и изучения всего многообразия явлений и процессов, возникающих в сверхвысокой плотине и ее основании при действии больших напоров воды, больших статических и динамических нагрузок, проведен комплекс научно-исследовательских и опытно-полевых работ. Их проводили ведущие научно-исследовательские организации Советского Союза — ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, ВОДГЕО, НИС гидропроекта, ЛПИ, Средазгидропроект и др. Требования к технологии возведения частей плотины, а также методы оперативного контроля плотности, влажности и гранулометрического состава грунтов при укладке в тело плотины отработывались на опытных участках в производственных условиях.

Нурекская плотина состоит из водонепроницаемого центрального ядра, переходных зон (обратных фильтров) и упорных призм с каменной пригрузкой.

Водонепроницаемое ядро шириной по основанию 150 м выполняется из отложений конуса выноса сая, находящихся в 4 км от створа плотины и представленных линзообразно чередующимися слоями суглинка и супеси с включениями обломочного материала.

Материал карьера весьма неоднороден по гранулометрическому составу, что не позволяет укладывать его в ядро плотины без предварительной обработки. Поэтому после ряда экспериментов в производственных условиях была отработана специальная технология получения материала требуемого состава с содержанием мелких фракций (менее 5 мм) 50—80% и максимальной крупностью камня до 200 мм. Камни крупнее этого размера отделяются путем отсыпки карьерного грунта в конус искусственной сегрегации.

Из конусов сегрегации (за исключением нижних частей, где происходит скопление крупных камней) грунт перемещается автотранспортом на промежуточный склад для замочки и смешения и затем отсыпается слоями 0,5 м. По мере отсыпки производится анализ гранулометрического состава грунта и в случае необходимости его корректировка.

Грунт на складе увлажняется послойно поливом в картах. Для лучшего смешения материалов он срезается экскаватором примерно одинаковым слоем по всей высоте склада, далее автотранспортом перевозится к месту укладки.

Согласно результатам исследований, ядро из скелетного материала обеспечивает достаточную водонепроницаемость, относительно быстрое (по сравнению с суглинком) рассеивание порового давления, малую сжимаемость, повышенную сопротивляемость сдвигающим усилиям и способность ядра к самоликвидации трещин, могущих возникнуть в нем вследствие различных осадок частей плотины, особенно при сейсмических воздействиях.

К уплотнению грунтов в ядре предъявляются весьма жесткие требования. Грунт укладывается в ядро слоями 25—30 см и уплотняется до объемного веса скелета по мелкозему 2,03—2,13 т/м³ сначала 5 проходками легкого катка Д-551 массой 34 т, а затем 5 проходками МАЗ-525 массой 50 т или 7 проходками вибрационного катка ПВК-70.

Для создания надежного контакта ядра с основанием и предупреждения образования в нем трещин проводят следующее:

съем в основании ядра выветрелой скалы на глубину 5—10 м (местами до 20 м) и придание основанию в поперечном разрезе

плавного очертания, близкого к параболическому.

устройство в каньонной части ущелья (в основании ядра) бетонной пробки, уменьшающей высоту грунтового ядра и значительно сокращающей объем скальной выемки по подготовке основания,

заделка бетоном крупных впадин в бортовых примыканиях ядра, имеющих откосы круче 1:2,

укрепительная цементация основания на глубину до 10 м и покрытие бортовых участков бетоном толщиной 10—15 см для защиты обнаженных алевролитов от выветривания, предупреждения контактного размыва ядра и сглаживания мелких неровностей скальных поверхностей,

придание ядру в плане арочного очертания, обеспечивающего плотность контакта при вероятных деформациях тела плотины,

укладка в приконтактную зону ядра грунта с несколько повышенной влажностью, содержанием мелких фракций (не более 5 мм) не менее 60% и максимальной крупностью камней до 70 мм,

устройство в основании ядра глубокой цементационной завесы.

Обработка откосов котлована ядра ведется с применением гладкого взрывания. Скважины бурятся из специальных контурных штолен через 0,7 м. Упорные боковые призмы плотины возводятся из несортированных гравелисто-галечниковых аллювиальных отложений Вахша, карьеры которых находятся в 4—9 км от створа плотины. Материал этих карьеров характеризуется содержанием фракций менее 5 мм в количестве от 15 до 37% и крупных камней до 500—600 мм. Укладка грунта в упорные призмы производится слоями толщиной 0,8—1,0 м с поливом водой из расчета 0,18 м³ воды на 1 м³ грунта и уплотнением виброкатками ПВК-70 и тяжелыми катками до объемного веса скелета 2,25 т/м³.

Выбор гравелисто-галечникового грунта для упорных призм определен прежде всего близостью к створу плотины карьеров с достаточными запасами грунта. Установлены высокие показатели прочности уплотненного грунта на сдвиг, а также лучшая уплотняемость этого грунта при укладке по сравнению с обычно используемой для упорных призм плотин каменной наброской и, как следствие этого, относительно небольшие последующие осадки.

Переходные зоны (фильтры) между ядром и упорными призмами отсыпаются одновременно с ядром и такими же слоями. Материал для фильтров готовится на построенном для

этой цели заводе. Пригрузка откосов плотины рваным камнем крепких пород выполняется ярусами с отставанием от уровня отсыпки упорных призм на один ярус.

При возведении плотины большое внимание уделяется четкой работе геотехнического надзора, осуществляющего повседневный оперативный контроль за качеством работ при подготовке скального основания, разработках в карьерах грунтов, а также за строгим соблюдением требований на укладку грунтов в плотину. Высокая плотность укладки грунтов в плотину обязательна для обеспечения ее сейсмической прочности и устойчивости.

Повышение сейсмостойкости плотины достигается также рядом конструктивных мероприятий, к которым относятся следующие: пригрузка откосов плотины крупным рваным камнем толщиной 20—40 м со стороны верхнего бьефа и 5—10 м — со стороны нижнего, увеличенная против обычной толщина переходных зон между ядром и упорными призмами, придание ядру в плане арочного очертания, а также уширение гребня плотины до 20 м и увеличение превышения его над IIIУ до 10 м.

Для наблюдения за состоянием плотины в строительный и эксплуатационный периоды предусмотрено оснащение ее комплексом контрольно-измерительной аппаратуры. Для наблюдений за деформациями ядра в нем устраиваются на двух уровнях смотровые галереи из железобетона с гибкими швами.

Плотина первой очереди, поставленная под напор в 1972 г., имеет высоту 140 м. Водонепроницаемость ее обеспечивается экраном из суглинисто-щебнистого грунта, являющимся продолжением экрана верховой строительной перемычки высотой более 80 м, входящей в состав основного тела плотины.

Гидроэлектростанция. В ее комплекс входят водозаборная трехсекционная башня высотой 86 м, три подводящих напорных туннеля диаметром по 10 м и длиной более 400 м каждый, заканчивающиеся подземными развилками, отходящие от развилки 9 подземных турбинных водоводов диаметром 6 м и длиной примерно по 500 м, здание гидроэлектростанции с 9 вертикальными гидроагрегатами мощностью по 300 тыс. квт.

Здание станции располагается у подошвы низового откоса плотины, имеет длину 200 м и высоту 40 м. Особенность этого здания — пониженный машинный зал, обслуживаемый находящимся внутри зала мостовым краном и двумя наружными козловыми кранами грузоподъемностью 360 т каждый. К машинному залу примыкает закрытая монтажная пло-

щадка, а на уровне перекрытия машинного зала располагается такая же открытая. На этом же уровне со стороны нижнего бьефа расположены силовые трансформаторы.

Оборудование в машинный зал и на закрытую монтажную площадку доставляется козловыми кранами через специальные проемы в перекрытиях.

Радiallyно-осевые турбины ГЭС с рабочими колесами диаметром 4,75 м будут работать при напорах до 270 м. Перед турбинами устанавливаются шаровые затворы диаметром 4,2 м, рассчитанные на динамический напор до 400 м. В практике гидроэнергетического строительства такие турбины и шаровые затворы применяются впервые.

Большой интерес представляет также конструкция турбинных спиральных камер, так же воспринимающих динамический напор, как и шаровые затворы. После длительных поисков на моделях приняты сталелитейные камеры, состоящие из совместно работающих — внутренней стальной сварной конструкции с толщиной стенок, предельно допустимой по условиям ее изготовления, и наружной железобетонной массивной обделки с мощным армированием.

Водоприемник, подводящие туннели и турбинные водоводы также являются уникальными по параметрам.

Подводящие туннели кругового сечения диаметром 10 м, работающие при внутреннем напоре до 85 м, построены с облицовкой из армированного бетона. Статический напор в конце турбинных водоводов у здания ГЭС достигает 280 м, а с учетом динамического повышения давления — 400 м. В связи с этим турбинные водоводы выполняются со стальной внутренней оболочкой толщиной 18—55 мм. Для изготовления этой оболочки используется низколегированная и высокопрочная сталь с пределом текучести 55 кг/мм². Углеродистая сталь для изготовления оболочек оказалась непригодной. Сложная конфигурация и размеры развилок, работающих при больших напорах, привели к необходимости проведения специальных исследований для уточнения на моделях их напряженного состояния и гидравлических характеристик.

Заводские заготовки турбинных водоводов и развилок поступают на строительство в виде гнутых листов с обработанными под сварку кромками. Здесь звенья водоводов укрупняются, затем ведется сборка и сварка укрупненных звеньев в туннелях.

Сборка и сварка развилок, особенно в туннелях, — один из самых сложных видов монтажных работ. Общий объем работ по монта-

жу турбинных водоводов на Нурекской ГЭС — более 40 тыс. т. Качество сварных швов при монтаже водоводов контролируется с помощью гамма-лучей, рентгеновских и ультразвуковых электроскопов.

В 1972—1973 гг. закончено сооружение первой очереди Нурекской плотины высотой 140 м, введены в эксплуатацию три агрегата гидроэлектростанции. Впервые в мировой практике агрегаты первой очереди ГЭС введены в строй с применением временных рабочих колес на гидротурбинах. Поскольку постоянные гидротурбины Нурекской ГЭС могут работать, начиная с напора 175 м, включение ГЭС в работу при этих турбинах потребовало бы выполнения примерно 2/3 полного объема работ по плотине, водоприемнику, туннельным водоводам и водосбросным сооружениям гидроузла, что задержало бы пуск ГЭС примерно на 4 года.

САУгидропроект предложил установить на первых трех турбинах временные рабочие колеса меньшего диаметра с дополнительными сопрягающимися вставками в закладных частях (для сохранения числа оборотов постоянных генераторов), способных работать в диапазоне напоров от 90 до 200 м (временные рабочие колеса изготовлены на Харьковском турбинном заводе). Подвод воды к турбинам обеспечивается временным водоприемником, расположенным на 97 м ниже постоянного, и временным подводным туннелем, сопрягающимся через развилок с 3 постоянными турбинными водоводами.

Ввод в эксплуатацию первой очереди ГЭС с временными рабочими колесами турбин обеспечил выработку 6 млрд. квт·ч дешевой электроэнергии до завершения работ по гидроузлу и пуска всех агрегатов ГЭС по постоянной схеме. Общий экономический эффект ввода первой очереди агрегатов ГЭС при промежуточной подпорной отметке в водохранилище превысит 30 млн. руб.

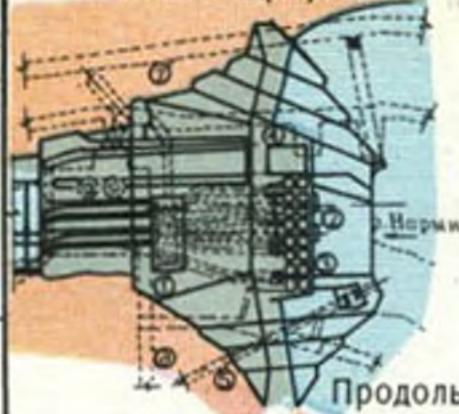
Подземные сооружения гидроузла. В комплексе основных подземных сооружений Нурекского гидроузла входят строительные туннели, катастрофические водосбросы, водоподводящие сооружения гидроэлектростанции, транспортные туннели, подземные помещения различного назначения с подходами к ним. При постройке основных сооружений выполняются вспомогательные горизонтальные, наклонные и вертикальные выработки, а также выработки камерного типа, пролеты которых достигают 26 м.

Строительные, водосбросные и транспортные туннели относятся к самым большим подземным сооружениям в Советском Союзе, а

ТОКТОГУЛЬСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

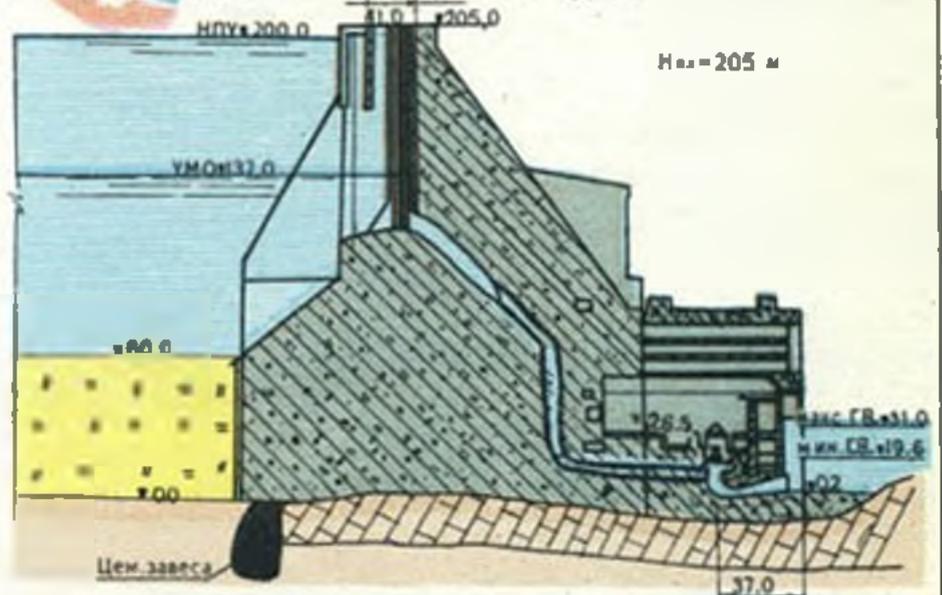
Ошская обл. Киргизия, р. Нарын, русло-новое, полный объем $19,5 \text{ км}^3$ полезный 4 км^3 , многолетнее, строительство завершено в 1976 г. Плотина-массивная, бетонная высотой 215 м, длиной по ребру 285 м, приплотинный ГЭС мощностью 1200 тыс. квт с двухрядным размещением 4-х агрегатов и с двухрядным расположением отсасывающих труб. Узкое ущелье сложено толстослоистыми трамбованными прочными известняками и нижнего карбона. Сейсмичность-9 баллов. Гидроузла расположен на едином структурно-тектоническом блоке. Водоприемный турбинный водовод ГЭС и глубинный водосброс встроены в тело плотины. Поверхностный водосброс состоит из двух пролетов по 10 м камер, перекрытых сегментными затворами, напор 9,1 м, расход прохода над зданием ГЭС и сбрасывается в реку. Через плотину предусмотрен сброс расхода $3300 \text{ м}^3/\text{сек}$, при этом уровень нижнего бьефа повышается на 3 м.

План гидроузла



- 1 Здание ГЭС
- 2 Аварийный водосброс
- 3 Водоприемный ГЭС
- 4 Поверхностный водосброс
- 5 Левобережный строительный туннель
- 6 Транспортный туннель к зданию ГЭС
- 7 Строительный туннель

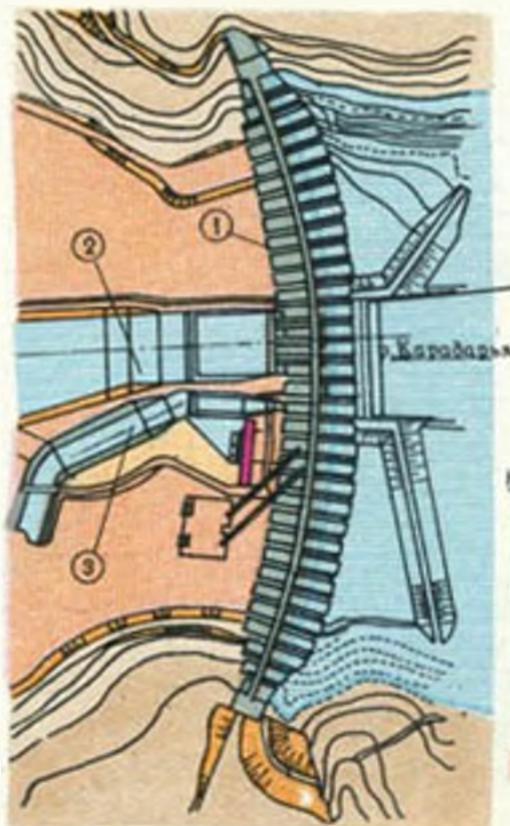
Продольный разрез по турбинному водоводу



АНДИЖАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

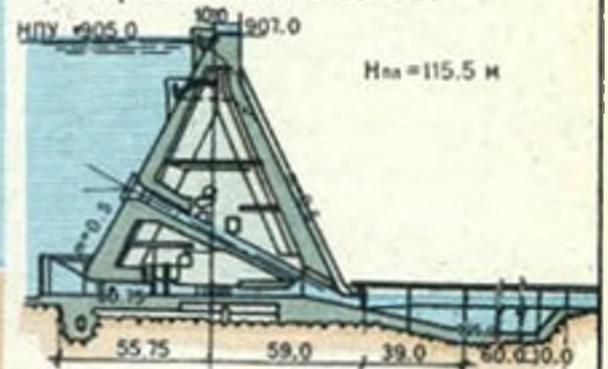
Андижанская обл., р. Карадарья, русло-новое, полный объем $1,75 \text{ км}^3$ полезный $1,6 \text{ км}^3$, многолетнее, строится. Плотина-бетонная массивно-контрфорсная высотой 115 м со спаренными контрфорсами, арched в плане. Основанием плотины служат окварцованные известняковые сланцы с диллами и шилами изверженных пород. Водовыпускные сооружения располагаются в пяти секциях (18-21) тремя ярусами. В первом ярусе три временные отверстия и два постоянных в секциях 18 и 21, во втором ярусе пять постоянных глубинных отверстий; третий ярус три водосливных отверстия пролетом 10 м со шитами на гребне. В Шарнирской подается расход $230 \text{ м}^3/\text{сек}$, в Карадарью через водосбросы $1700 \text{ м}^3/\text{сек}$. ГЭС мощностью 100 тыс. квт (4 агрегата), расход $136 \text{ м}^3/\text{сек}$ подается по двум водоводам. Сейсмичность-9 баллов.

План гидроузла



1. Плотина
2. Водосброс
3. Водовыпуск

Разрез по оси водовода



ЧАРДАРИНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
 Чимкентская обл. Казахстана, р. Сырдарья русловое, сезонное, образуется двумя плотинами - Чардаринской на р. Сырдарье и Арнасайской на впаде в понижение того же назначения. Полный объем водохранилища 5,7 км³, полезный 4,7 км³. Чардаринский узел состоит из намывной плотины высотой 26,5 м и длиной 4,76 км, ГЭС с двумя длинными водосбросами на расходы соответственно 710 и 1850 м³/сек. Мощность ГЭС при напоре 15,8 м равна 100 тыс. квт. Кызылкумский головной регулятор расположен в теле земляной плотины и представляет д/б трехочисловую трубу с башенным оголовком, расход 200 м³/сек подается в Кызылкумский канал. Все сооружения ГЭС расположены на глине, земляная плотина на аллювиальных отложениях р. Арнасайское сооружение находится в 30 км от Чардаринского и состоит из земляной плотины высотой 10 м, длиной 2,1 км и водосброса на расход 2100 м³/сек, представляющего собой четырехпролетное бетонное сооружение, каждое отверстие 10 м в свету перекрыто плоскими заглубленными затворами. Арнасайский сброс построен для защиты низовьев Сырдарьи от наводнения в паводки и в зимние периоды. В 1969 г. в Арнасайе произошла сработка до 18 км³.

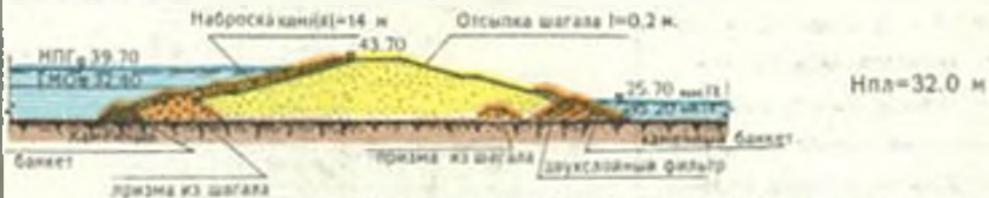


Продольный разрез по водосбросу здания ГЭС

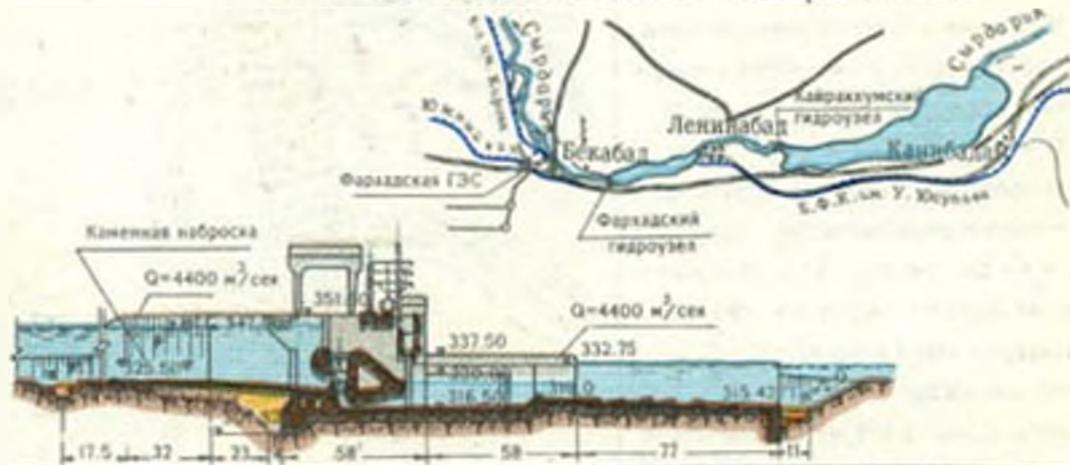


КАЙРАКУМСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
 Ленинбадская обл. Таджикистана, р. Сырдарья, русловое, полный объем 4,2 км³, полезный 2,6 км³, сезонное, эксплуатируется с 1956 г. Намывная плотина из песка высотой 32 м, длиной 1200 м; водосмазанная - бетонная длиной 72 м, в ее теле ГЭС (6 агрегатов) мощностью 126 тыс. квт, напор 24,5 м, расход турбины 185 м³/сек. Основание бетонных сооружений - песок и глина, земляной плотины - в русловой части слои песков, глин, песчаников, береговой - пески с алевритами. 27 км левого берега обвалованы. Сооружения гидроузла пропускают 4400 м³/сек. Сейсмичность 7 баллов.

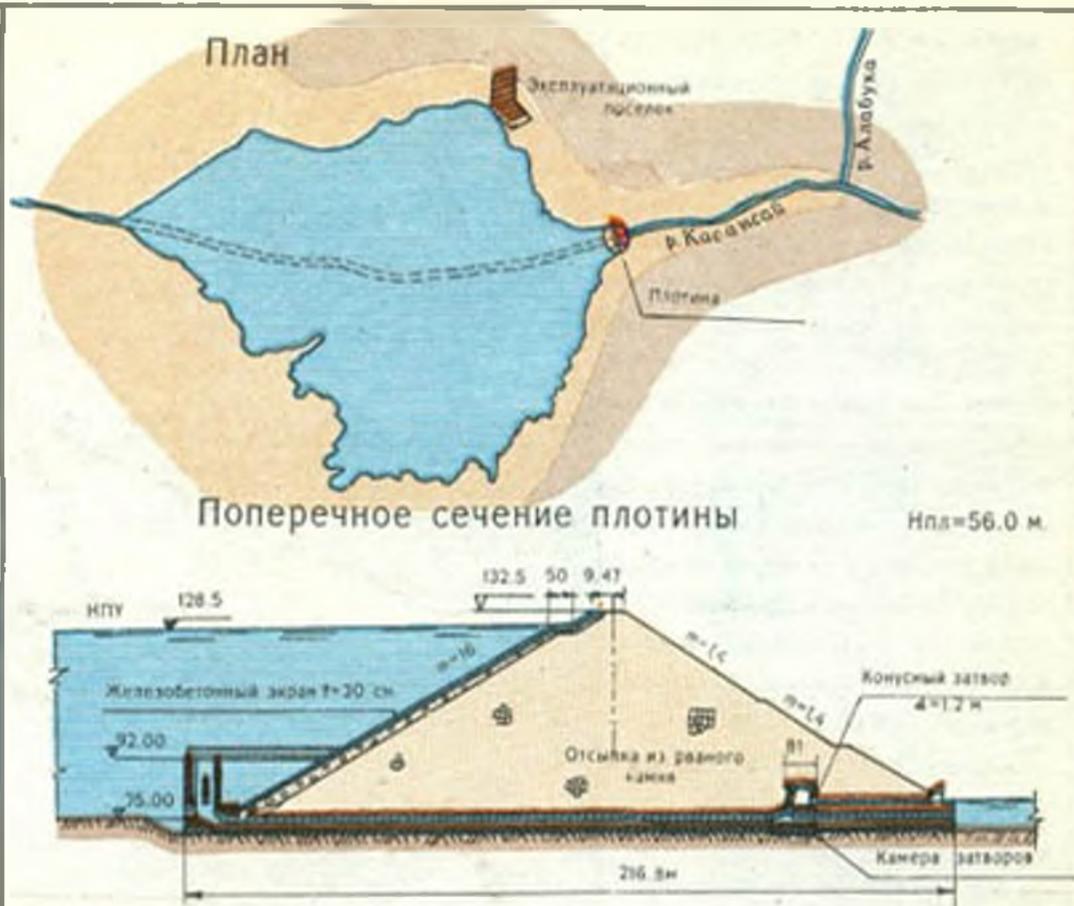
Сечение плотины по русловому участку



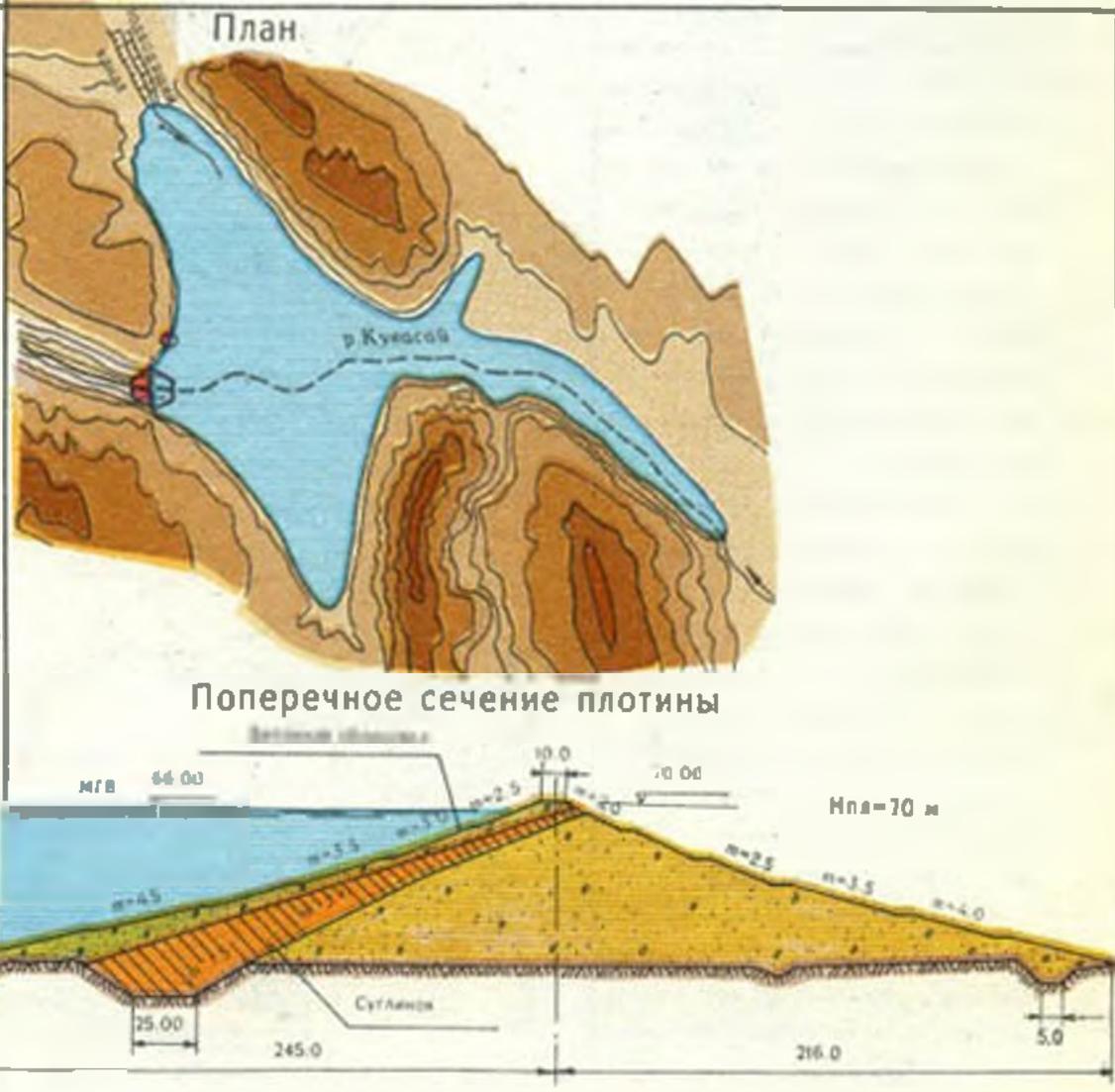
Схематический план водохранилища



КАСАНСАЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
 Ошская обл. Киргизии, р. Касансай, сезонное, эксплуатируется с 1942 г., доведено до объема 100 млн м³ в 1954 г. и в 1967 г. до 165 млн м³. Плотина высотой 64 м из каменной наброски с железобетонным экраном на гравийной подушке толщиной у гребня 1,0 м и на высоте 15 м - 4,3 м ниже экран местный, уложен на отвес каменной наброски. Для наброски служили порфиры, которыми сложены дно и борта ущелья. Водовыпуск на 50 м³/сек - железобетонная труба (2,5×3) с оголовком башенного типа открытым сверху и имеющим в лобовой стенке отверстие с плоским щитом. В конце трубы в камере - ремонтные затворы и два рабочих конусных. Катастрофический водослив отводит 100 м³/сек по трубе в теле плотины и далее по быстроту в Касансай.



КАРКИДАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ
 Ферганская обл., водохранилище расположено в долине Кувака, наливное, сезонное, наполняется водой Кувака (30%) и Карадары (70%) по каналу Шахрихансай - ЮФК - подводящий канал длиной 26 км на расход 18 м³/сек. Эксплуатируется с 1963 г., закончено в 1967 г., земляная плотина из песчано-галечникового грунта с экраном из суглинка, высота плотины 70 м, длина по гребню 420 м, основание - аллювиально-продолговатая толща мощностью 13-17 м, подстилаемая толщей конгломератов (сотни метров) с линзами галечников и песчаное. Водовыпуск на 50 м³/сек - ж/б галерея (4.3×5.5 м) с металлическим напорным трубопроводом диаметром 2.44 м, разветвляющийся в конце на два трубопровода диаметром 2.2 м с конусными затворами в конце. Общая длина линии 340 м. В подводной камере на входе в галерею установлен дваринный стальной затвор 2.2×1.5 м, также же затворы установлены перед конусными затворами.



ПАЧКАМАРСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Кашкадарьинская обл., р. Гузардарья, русловое, полный объем 200 млн. м³, полезный 250 млн. м³, многолетнее, эксплуатируется с 1967 г., закончено в 1968 г. Земляная плотина с суглинистым ядром и призмами из гравелисто-галечникового грунта, высота плотины 70 м, длина по гребню 600 м. Основание - кристаллические известняки с прослоями аргиллитов, глин, мергелей, песчаников, ядро размещено на пачке аргиллитов малой водопроницаемости. Водовыпуск на расход 40 м³/сек. Водосброс на расход 40 м³/сек. Водосбросная галерея с двумя металлическими трубопроводами (1.6 м) и конусными затворами. Поверхностный водосброс пропускает 480 м³/сек.

ТАШКЕНТСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Ташкентская обл., р. Ангрэн и р. Чирчик (Ташк. к-л), русловое, полезный объем 250 млн. м³, сезонное, эксплуатируется с 1962 г. Земляная плотина (36.5 м) с суглинистым ядром и галечниковыми призмами, основание - суглинки и галечник. Водосброс на расход 760 м³/сек. Открытый трехпролетный водослив с сегментными затворами на гребне и трехочковой трубой в теле плотины. В правобережный канал подается 55 м³/сек по двухочковой трубе. Управление затворами - в подводной камере. Левобережный регулятор - одноочковая труба на 25 м³/сек.

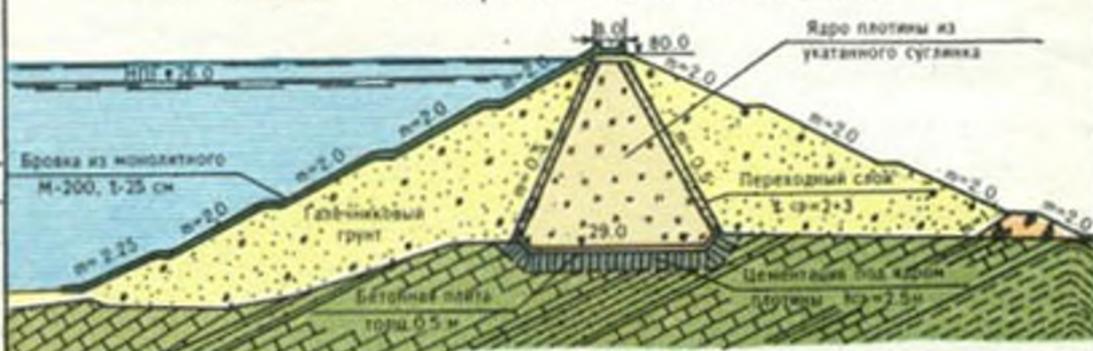
ЧИМКУРГАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Кашкадарьинская обл., р. Кашкадарья и р. Зарафшан (к-л Искиангар), русловое, полезный объем 500 млн. м³, сезонное, эксплуатируется с 1960 г., земляная плотина (33 м) с ядром из суглинка и гравелисто-песчаными призмами; основание суглинки и песчано-галечниковые отложения, водовыпуск и водосброс совмещены, расход 330 м³/сек, катастрофический водослив на 127 м³/сек. Устроен по всему контуру башни управления, по трехочковой ж/б трубе поступает в колодец, из которого распределяется по каналам.



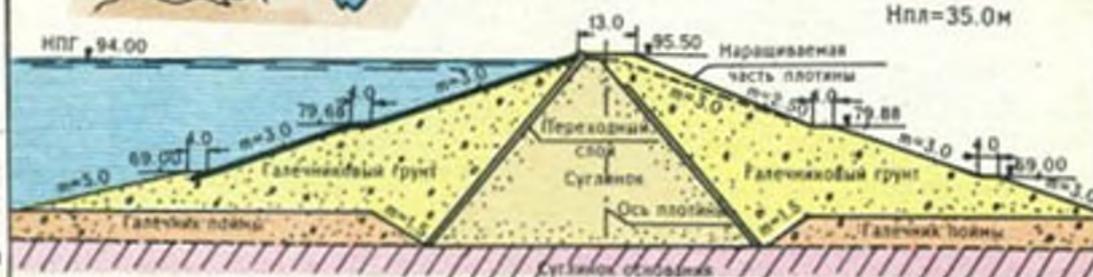
Нпл=72.0 м

Поперечное сечение плотины



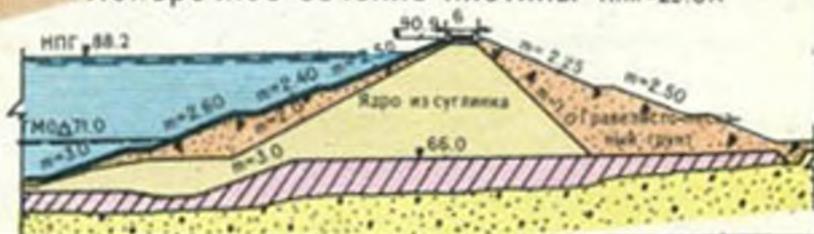
Поперечное сечение плотины

Нпл=35.0 м



Поперечное сечение плотины

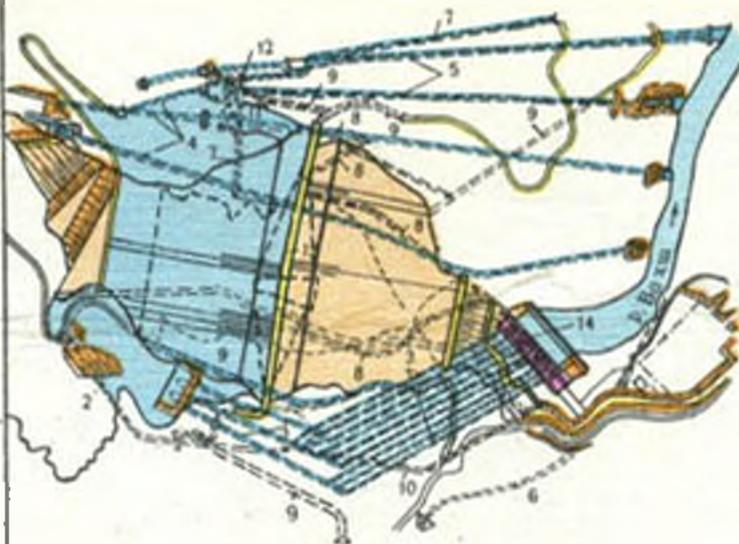
Нпл=25.0 м



НУРЕКСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

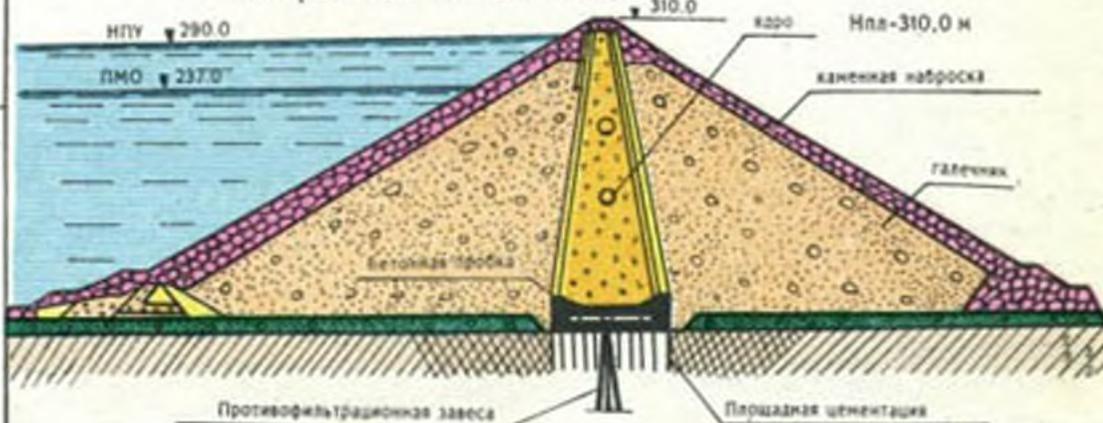
Таджикистан, р. Вахш, русловое, сезонное, полным объемом 10,5 км³ полезным 4,5 км³. Построено в узком ущелье, сложенном чередующимися слоями песчаников и алевролитов нижнекалового периода, частично покрыты отложениями. Слой падает вверх по течению. Плотина высотой 310 м возводится из гравелисто-песчаных грунтов с ядром из светлого материала, с содержанием не менее 50% супеси. Откосы плотины пригружены крупным рваным камнем. Паводки пропускаются поверхностными и глубинными (100 м ниже НПГ) водосбросами. Мощность ГЭС 2,7 млн. квт (9 турбин). От трех водоприемных башен высотой 86 м вода по трем напорным тоннелям (10 м с уравнивательными шахтами (14 м) подается в вертикальным разрывам, от которых по 9 водоводам поступает в турбины. Для орошения Дангаринской долины построен тоннель на расстоянии 100 м сев.

План гидроузла



- 1 Подводящие тоннели
- 2 Промежуточные подводящие тоннели
- 3 Турбинные водоводы
- 4 Строительные тоннели
- 5 Катастрофические водосбросы
- 6 Отводящий тоннель сая "Лагерный"
- 7 Грузовые и соединительные тоннели
- 8 Транспортные тоннели в цементационном потерям
- 9 Тоннели на автодорогах
- 10 Дренажный тоннель
- 11 Грузоэрационные шахты
- 12 Азбуковная шахта
- 13 Гребень плотины
- 14 Здание ГЭС

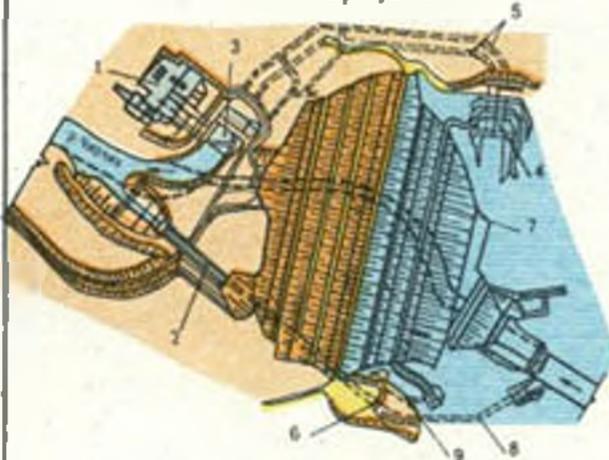
Поперечное сечение плотины



ЧАРВАКСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

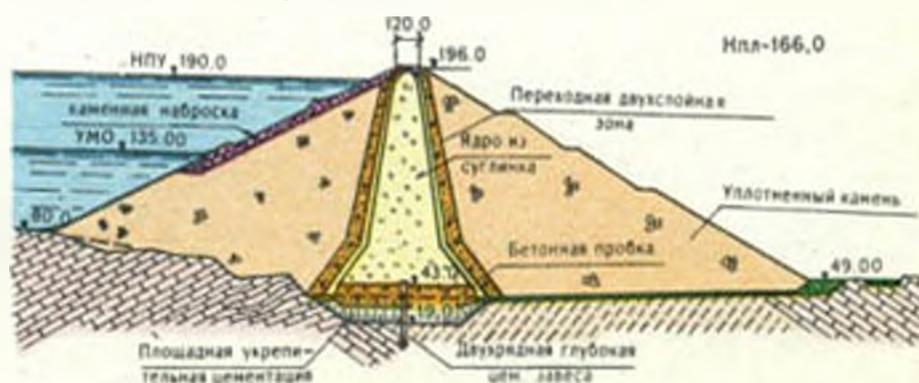
Ташкентская обл., р. Чирчик, русловое, общей емкостью 2,0 км³ полезное 1,8 км³. сезонное, эксплуатируется с 1973 г. Плотина из каменной наброски с ядром из суглинка, длина по гребню 768 м, высота 166 м, мощность ГЭС - 600 тыс. квт, расход 4 турбин - 600 м³/сек, напор ГЭС - 132 м. Все сооружения узла расположены на левобережье известняка. Водоприемник ГЭС состоит из башни и двух нитей подводящих напорных тоннелей диаметром 11 м. Сбросные сооружения расположены на левом берегу и состоят из шахтного водосброса (1200 м³/сек), использующего участок строительного тоннеля (диаметром 11 м) I яруса ниже пробы и водосброса II яруса (430 м³/сек) строительного тоннеля (диаметр 9 м) Шахта глубиной 80 м, диаметр 11 м, имеет оголовок по форме непонной воронки с 4 сегментными затворами пролетом 14 м.

План гидроузла



- 1 ОРУ-220 кв
- 2 Отводящий канал шахтного водосброса
- 3 Здание ГЭС
- 4 Водоприемник ГЭС
- 5 Турбинные водоводы
- 6 Шахтный водосброс
- 7 Плотина
- 8 Водосброс I яруса
- 9 Водосброс II яруса

Поперечное сечение плотины



ТЮЯМУОНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Хорезм, р. Амударья, русловое и три наливных, всего при НПГ 130 общей емкостью 7,8 км³ и полезной 5,27 км³

Водохранилище	Объем в км ³	
	Полный	Полезный
Русловое	2,34	2,07
Наливное Капарас	0,96	0,55
Султансанджар	2,69	1,63
Кошбулак	1,81	5,27

Гидроузел на Амударье состоит из земляной намывной плотины высотой 25 м, бетонной водосбросной плотины, головных регуляторов право- и левобережного каналов, отстойников, рыбоподъемника, судоходного шлюза, ГЭС мощностью 150 тыс. квт (6 агрегатов). В Тюямуонской теснине река прорезает гряду, сложенную известняками, песчаниками, алеуритами и мергелями. Бетонные сооружения узла размещаются на плите известняка мощностью 12 м, наклоненной вниз по течению под углом 14°. В русле пласт прорезан рекой и прикрыт мощным (60 м) слоем аллювия (0,5 м). Пропускная способность

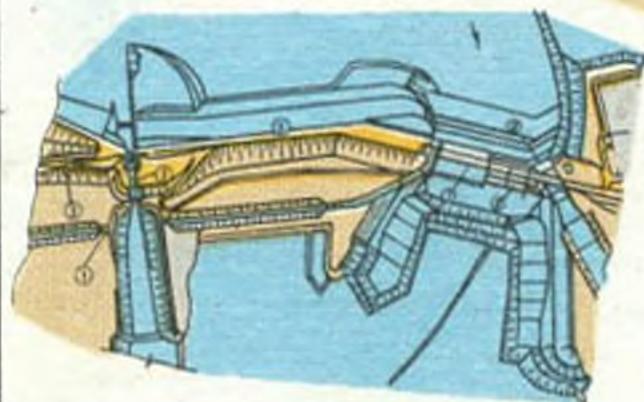
Усек при отметке	120	130
Водосбросная плотина	4870	9620
ГЭС	480	1140
Голов. регул. правый	90	90
левый	500	500
Промывные галереи	1470	2610
Итого	7410	13960

Наливное Капарас заливается и опорожняется одновременно с русловым водохранилищем. Султансанджар ограждается дамбой высотой до 20 м, длиной 18 км имеет впускное сооружение и водовыпуск на расход 500 м³/сек, опорожняется независимо от руслового. Кошбулак соединяется с Султансанджаром каналом и режим их одинаков. Амударья несет до 200 млн т наносов, поэтому русловое водохранилище должно в конце апреля опорожняться полностью для свободного пропуска паводков, при отметках 119-120, наливные водохранилища опорожняются по потребности.

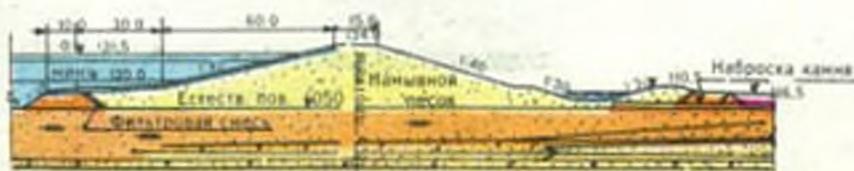
Схематический план сооружений водохранилища



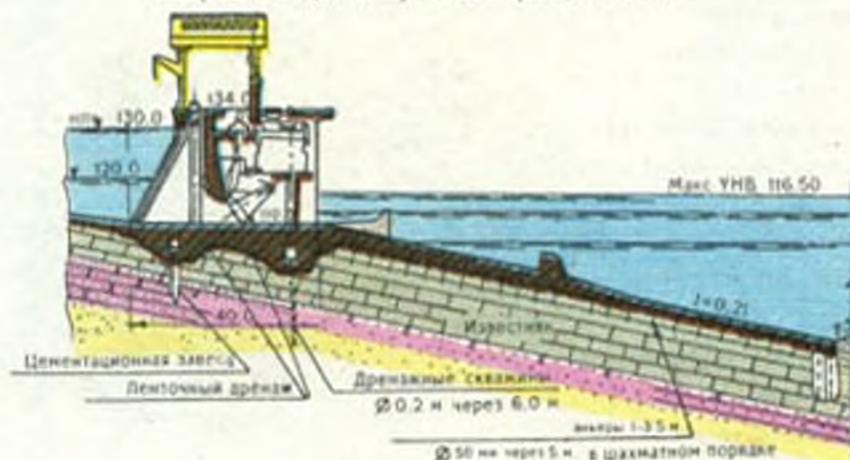
План гидроузла



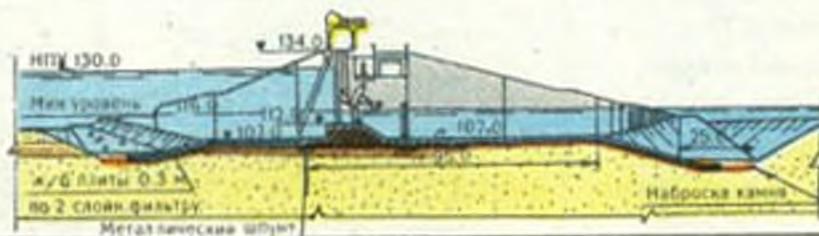
Разрез по русловому участку плотины



Разрез по донному водосбросу плотины



Разрез по водозабору из Султансанджарского водохранилища

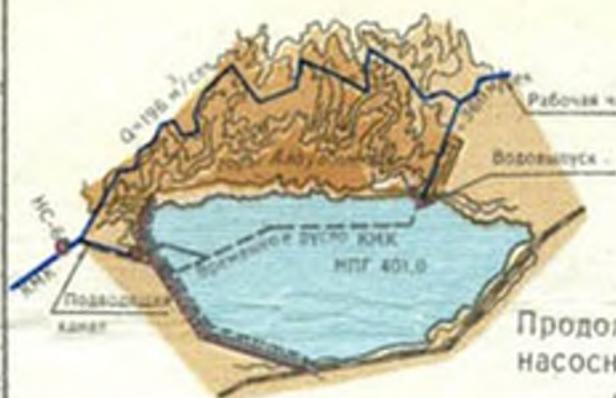


- ① Ташсагинское головное сооружение
- ② Левобережный магистральный канал
- ③ Рыбоподъемный канал
- ④ Поселок строителей
- ⑤ Правобережный магистральный канал
- ⑥ Правобережная дамба №1
- ⑦ Тюямуонский гидроузел
- ⑧ Правобережная дамба №2
- ⑨ Капарасское сооружение
- ⑩ Султансанджарское водозаборное сооружение
- ⑪ Наливное водохранилище Капарас
- ⑫ Наливное Султансанджарское водохранилище
- ⑬ Водозабор осветленной воды
- ⑭ Султансанджарская дамба
- ⑮ Русловое водохранилище
- ⑯ Дамба №3
- ⑰ Дамба №4
- ⑱ Дамба №5, №6, №7, №8
- ⑲ Дамба №9
- ⑳ Переезд
- ① Докер
- ② Судоходный шлюз
- ③ Дамба №1
- ④ Магистральный канал
- ⑤ Земляная плетина
- ⑥ Правобережный водозабор
- ⑦ Водосбросная плетина
- ⑧ Заднее ГЭС
- ⑨ Левобережный водозабор

ТАЛИМАРДЖАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

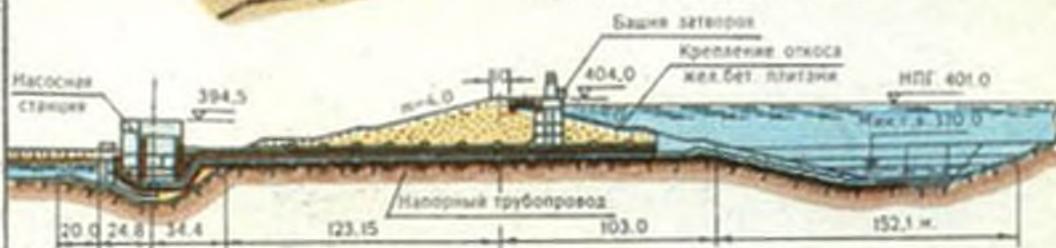
Кашкадарьинская обл., р.Амударья, поливное, сезонное, строится, полезный объем 1,4 км³, полный-1,58 км³. Насосная станция (Н.С.) №7 на КМК наполняет водохранилище. Две земляные плотины: в створе Н.С. высотой 37 м, в створе водовыпуска 35 м. Расход Н.С. — 155 м³/сек. манометрическая высота подачи 16-32,7 м. Центробежные вертикальные насосы: марка 2400 ВР-25/26 7 шт., 72 В-22 2 шт., установленная мощность 64,8 тыс.квт. Водовыпуск — пятичковая ж/бетонная труба с башней управления на расход 360 м³/сек.

План



Нпл=37,0 м
Нпл=35,0 м

Продольный разрез по оси насосной станции №7

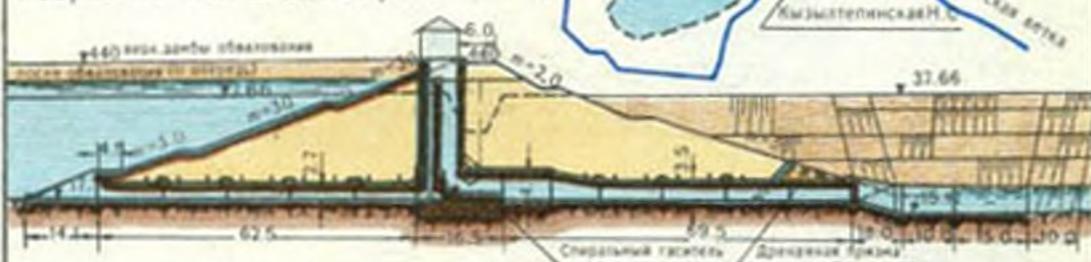


КУЮМАЗАРСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

Бухарская обл.: Амударья и Зарафшан, наливное, сезонное, эксплуатируется с 1957 г.; земляная плотина — 24,3 м; песчано-глинистые грунты основания водовыпуск на 46 м³/сек — двухчковая ж/б труба с плоскими затворами и башней для управления; наполняется Н.С. из Аму-Бухарского канала и самотеком из Зарафшана.

Нпл=24,3 м

Разрез по оси водовыпуска



КАТТАКУРГАНСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

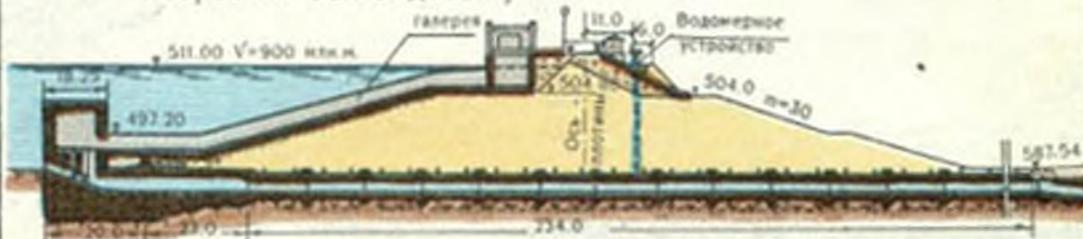
Самаркандская обл., р.Зарафшан; Наливное, многолетнее, эксплуатируется с 1941 г. (недостаточно), закончено в 1967 г., земляная плотина высотой 31 м из лессовидных суглинков; основание — суглинки, супески, пески; водовыпуск 140 м³/сек ж/б трехчковая труба, плоские затворы, подводная камера управления; подводный канал 145 м³/сек, длина 28 км.

План

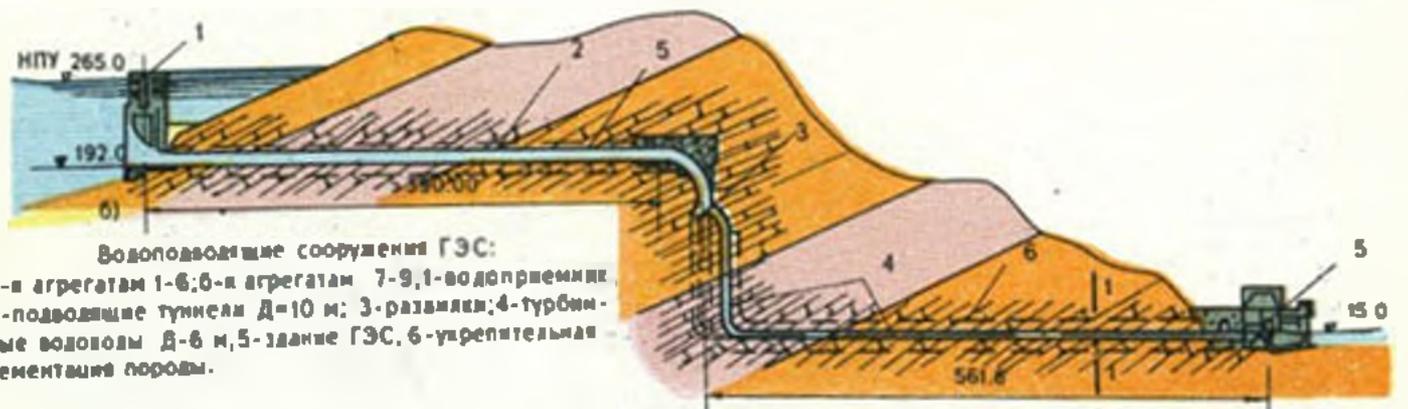
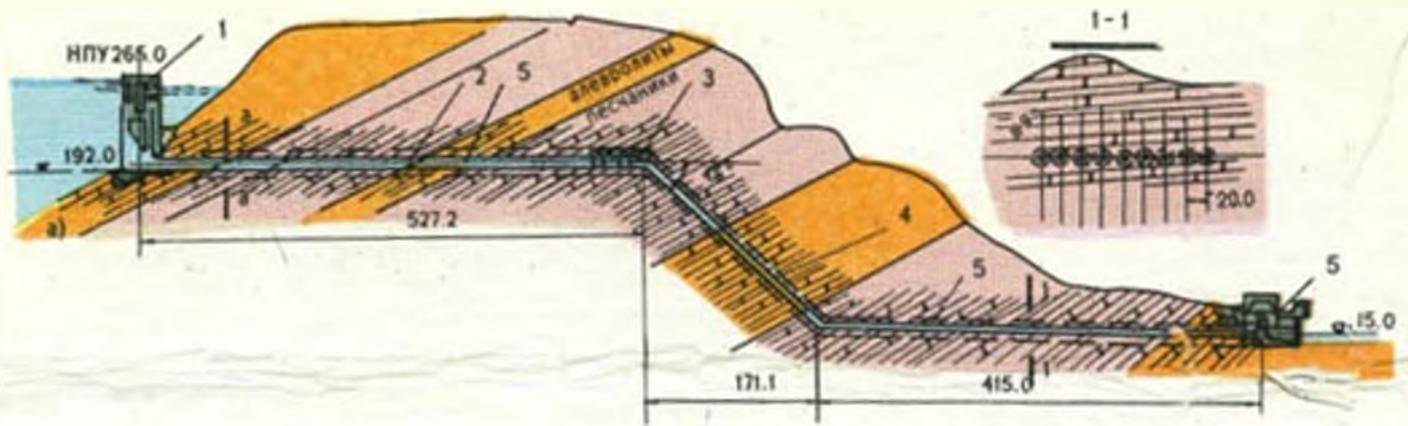


Нпл. 30,0 м.

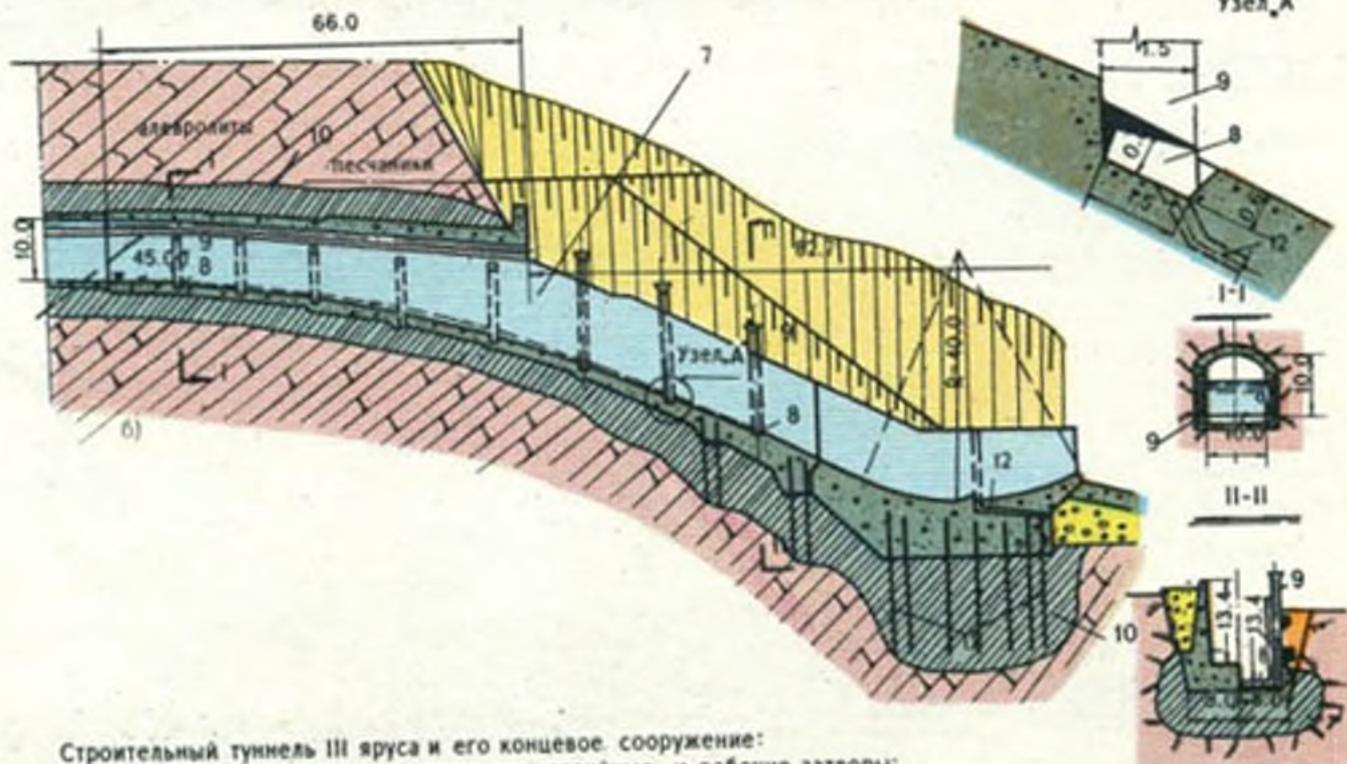
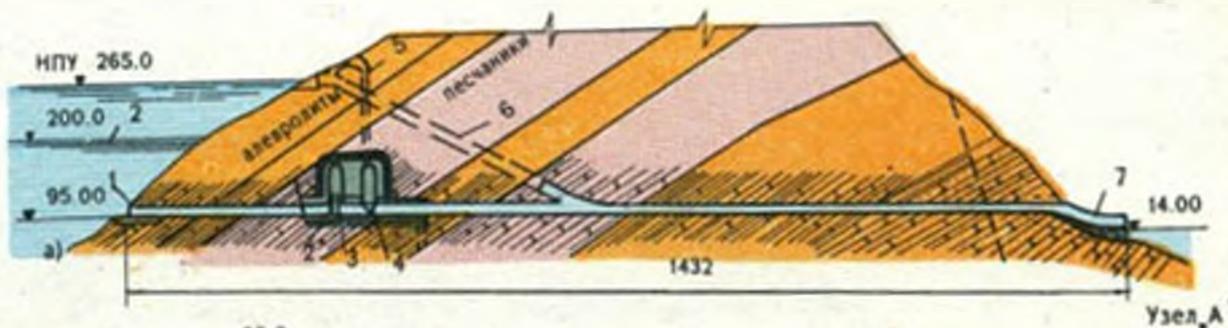
Разрез по оси водовыпуска



Нурекский гидроузел

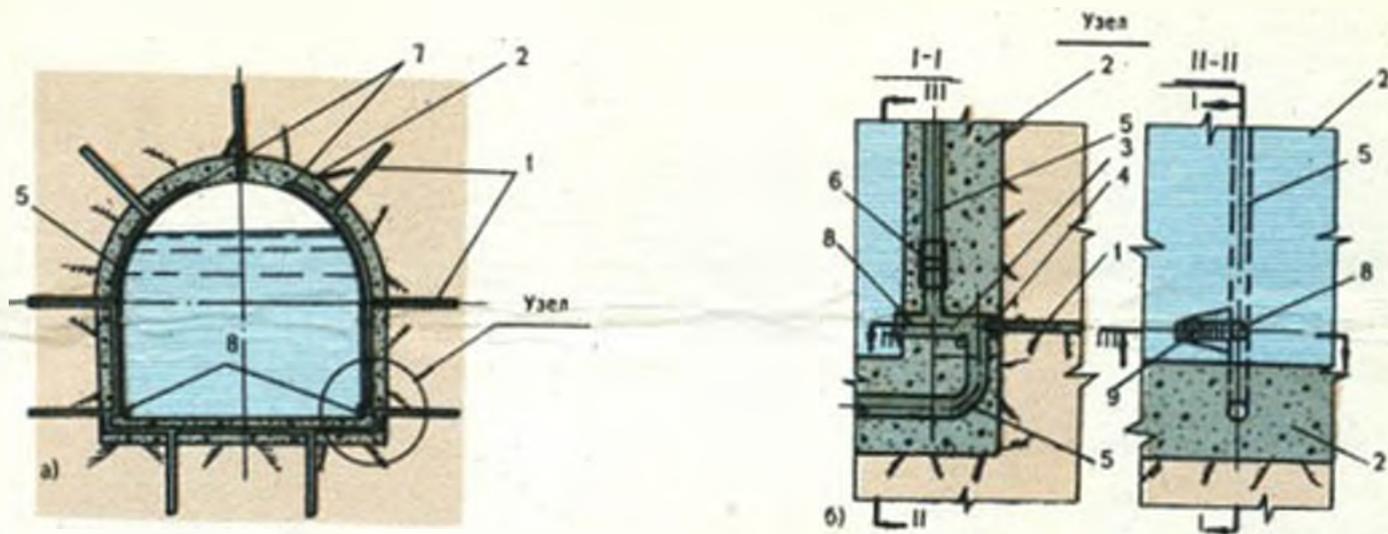


Водоподающие сооружения ГЭС:
 а-я агрегатам 1-6; б-я агрегатам 7-9, 1-водоприемник;
 2-подводящие туннели Д=10 м; 3-развилки; 4-турбин-
 ные водоводы Д=6 м, 5-здание ГЭС, 6-укрепительная
 цементация породы.



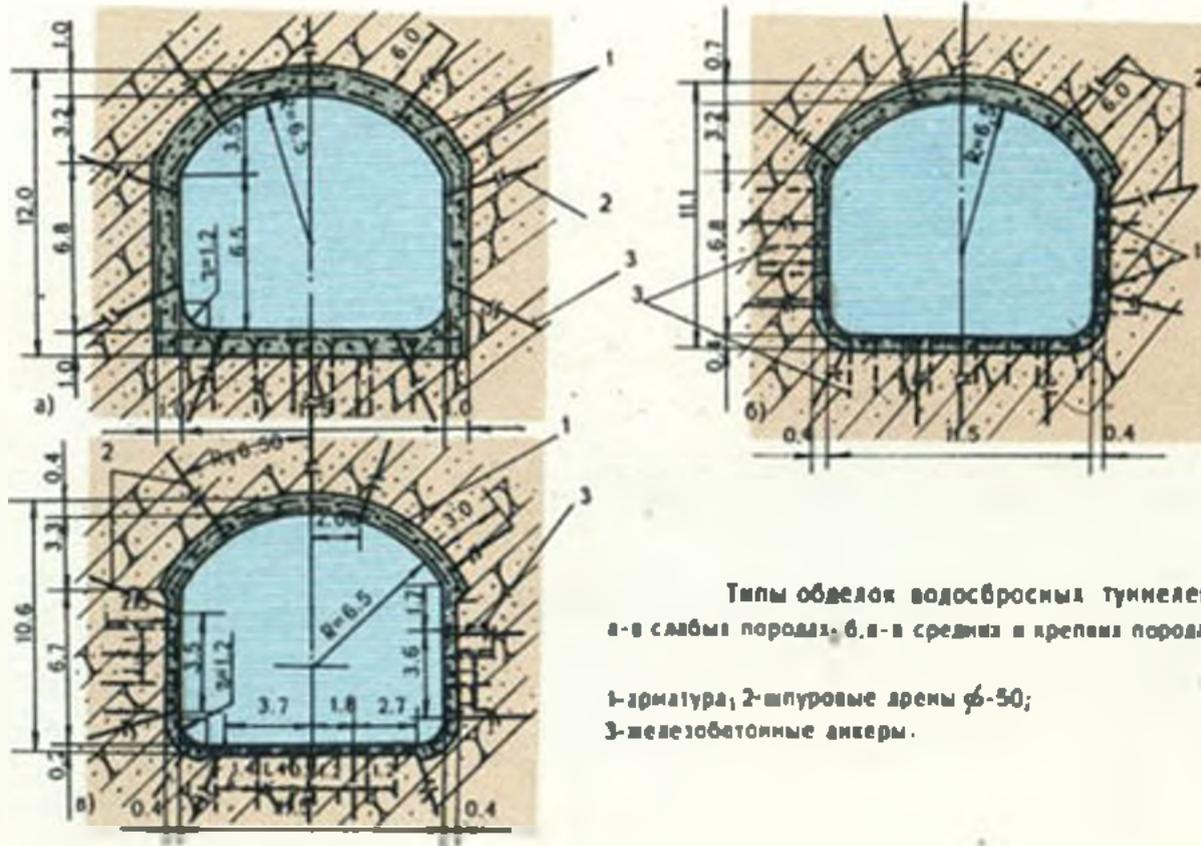
Строительный туннель III яруса и его конечное сооружение:
 1-входной оголовок; 2,3 и 4-соответственно ремонтные, аварийные и рабочие затворы;
 5-аэрационная шахта; 6 - катастрофический водосброс с поверхностным водозабором; 7-конечное сооружение; 8-аэрацион-
 ные каналы в лотке; 9-то же в стенах; 10-укрепительная цементация; 11-железобетонные анкеры; 12-труба для слива воды.

Нурекский гидроузел



Автоматический вакуумдренаж катастрофического водосброса

а) поперечный разрез по водосбросному туннелю; б) детали дренажа. 1-арматурные свашины; 2-обделка туннеля; 3-патрубки; 4-раствор; 5-коллектор; 6-эластичные муфты; 7-воздухозаборники; 8-дренажный выпуск; 9-вакуумобразователи.

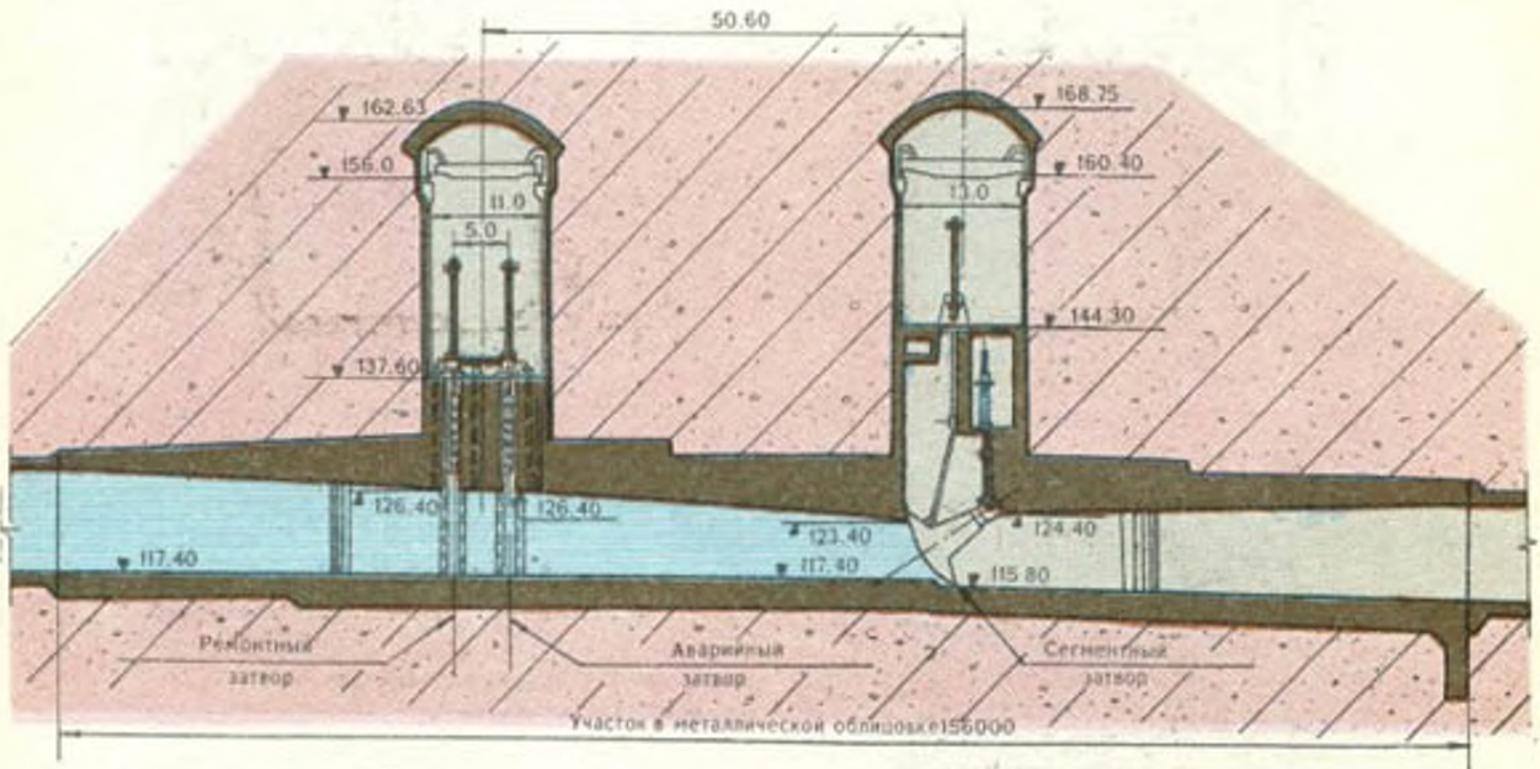
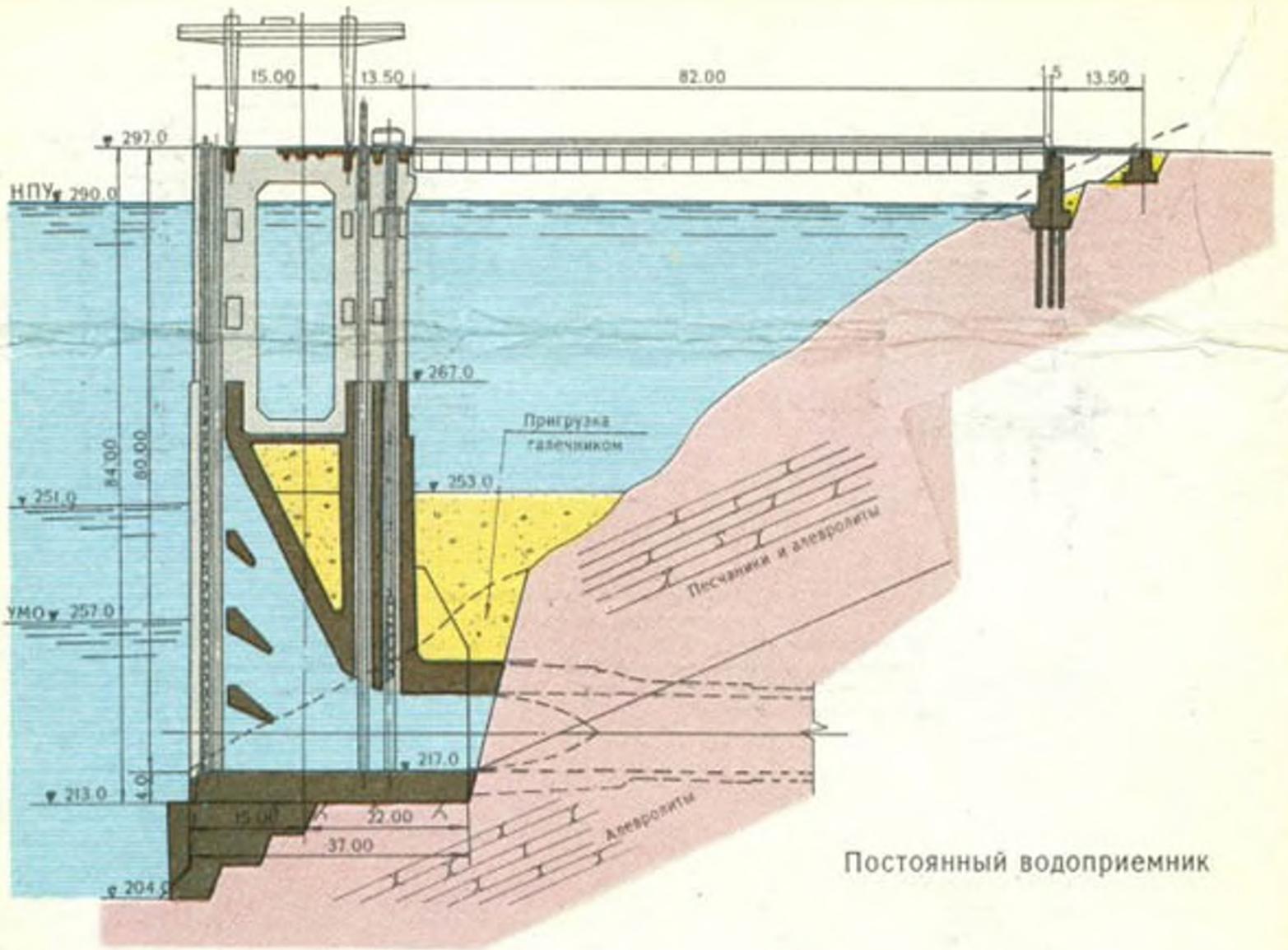


Типы обделок водосбросных туннелей.

а-в слабые породы, б-в средние и крепкие породы.

1-арматура; 2-шпуровые дрены ϕ -50; 3-железобетонные анкеры.

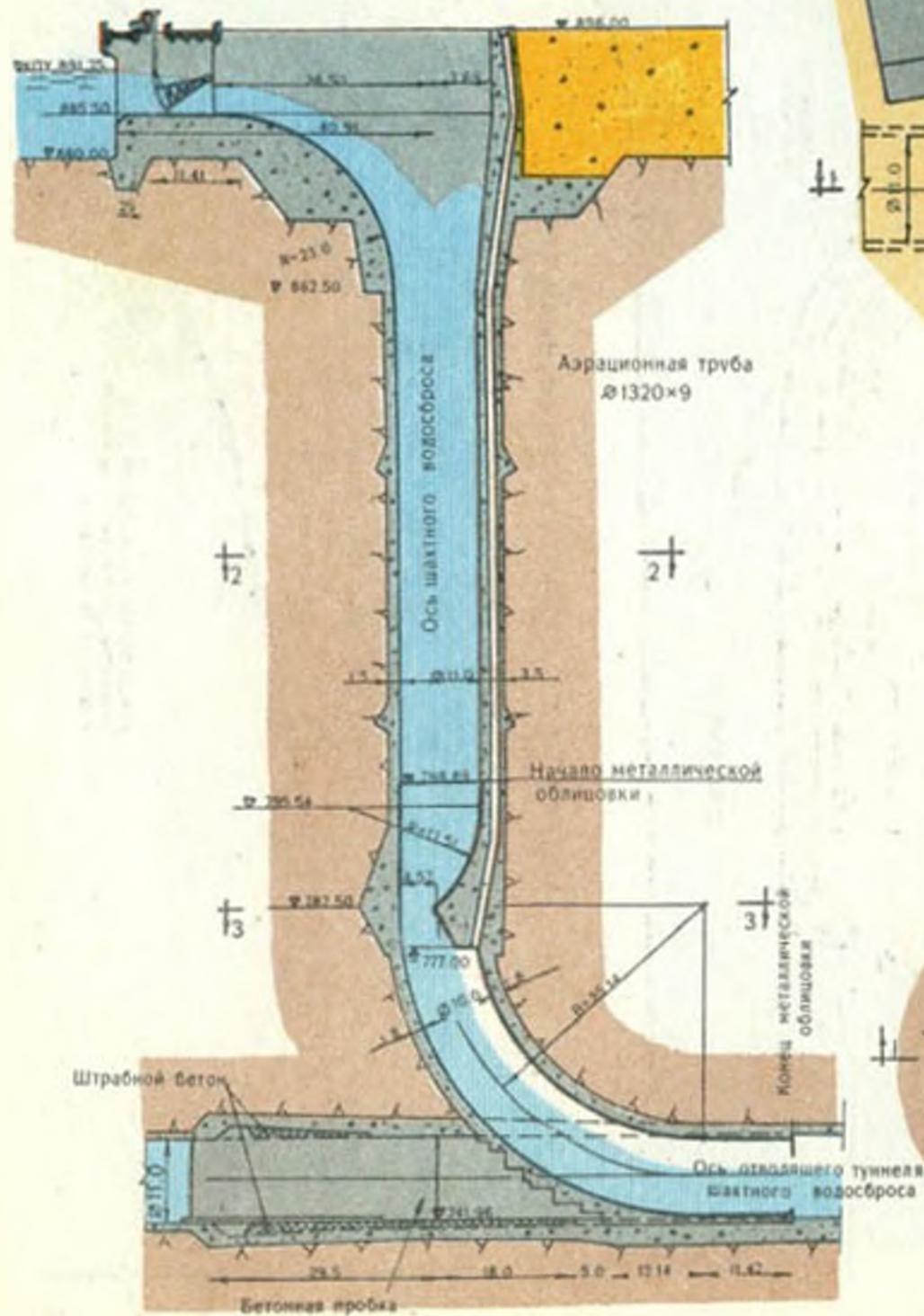
Нурекский гидроузел



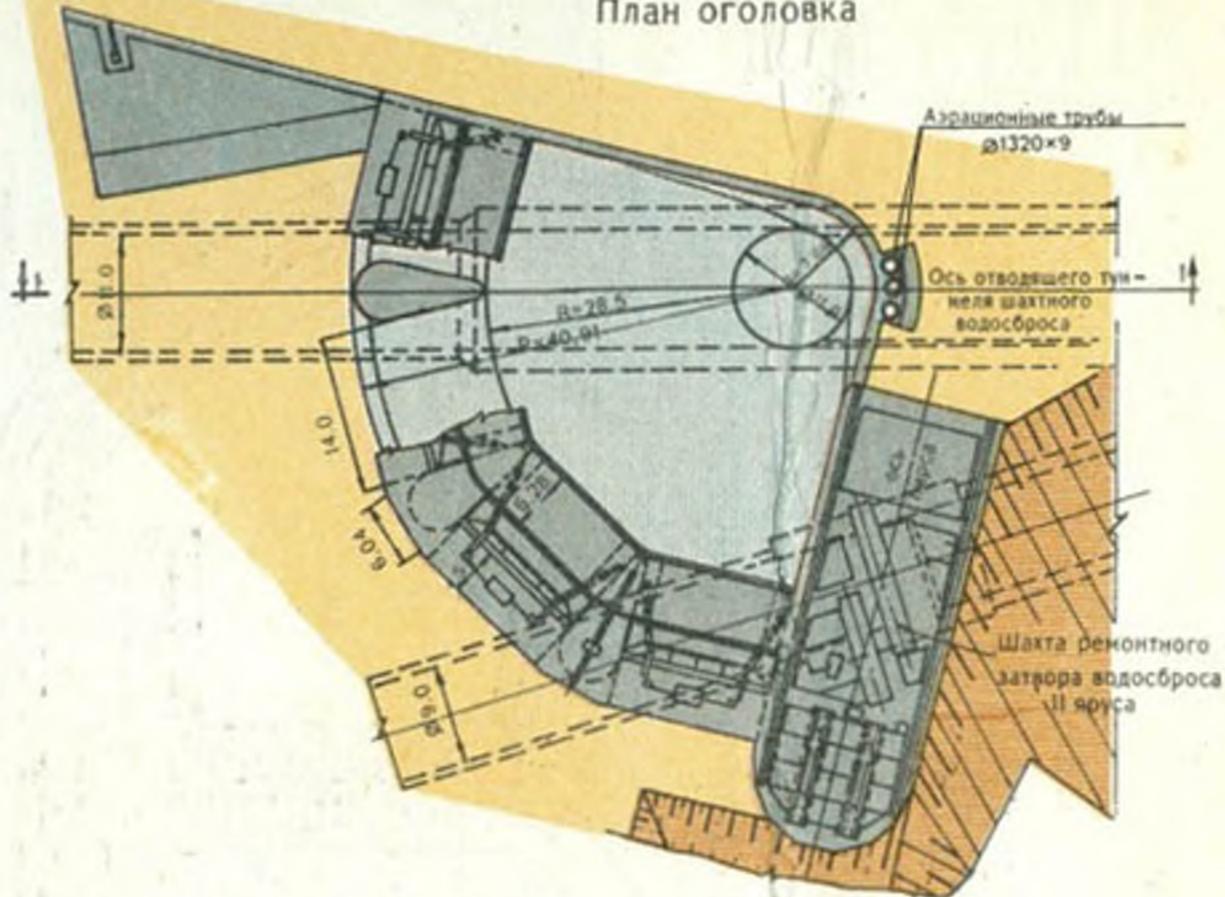
Строительный туннель III яруса

Шахтный водосброс Чарвакского гидроузла

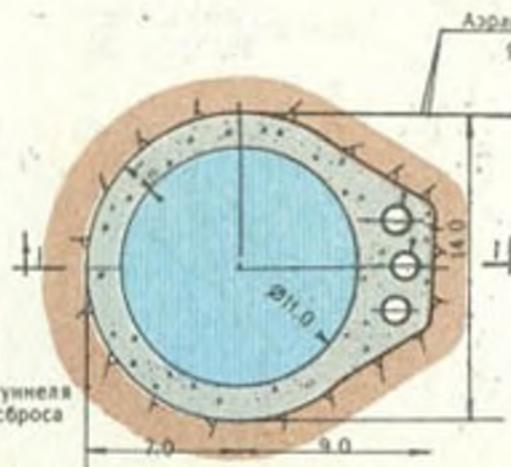
Разрез 1-1



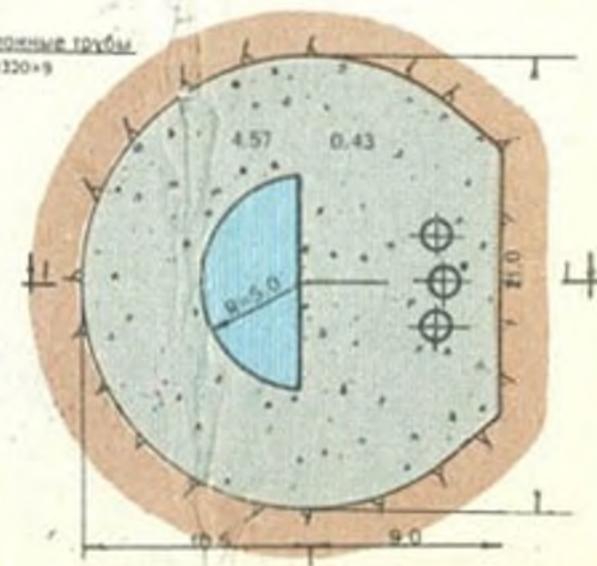
План оголовка



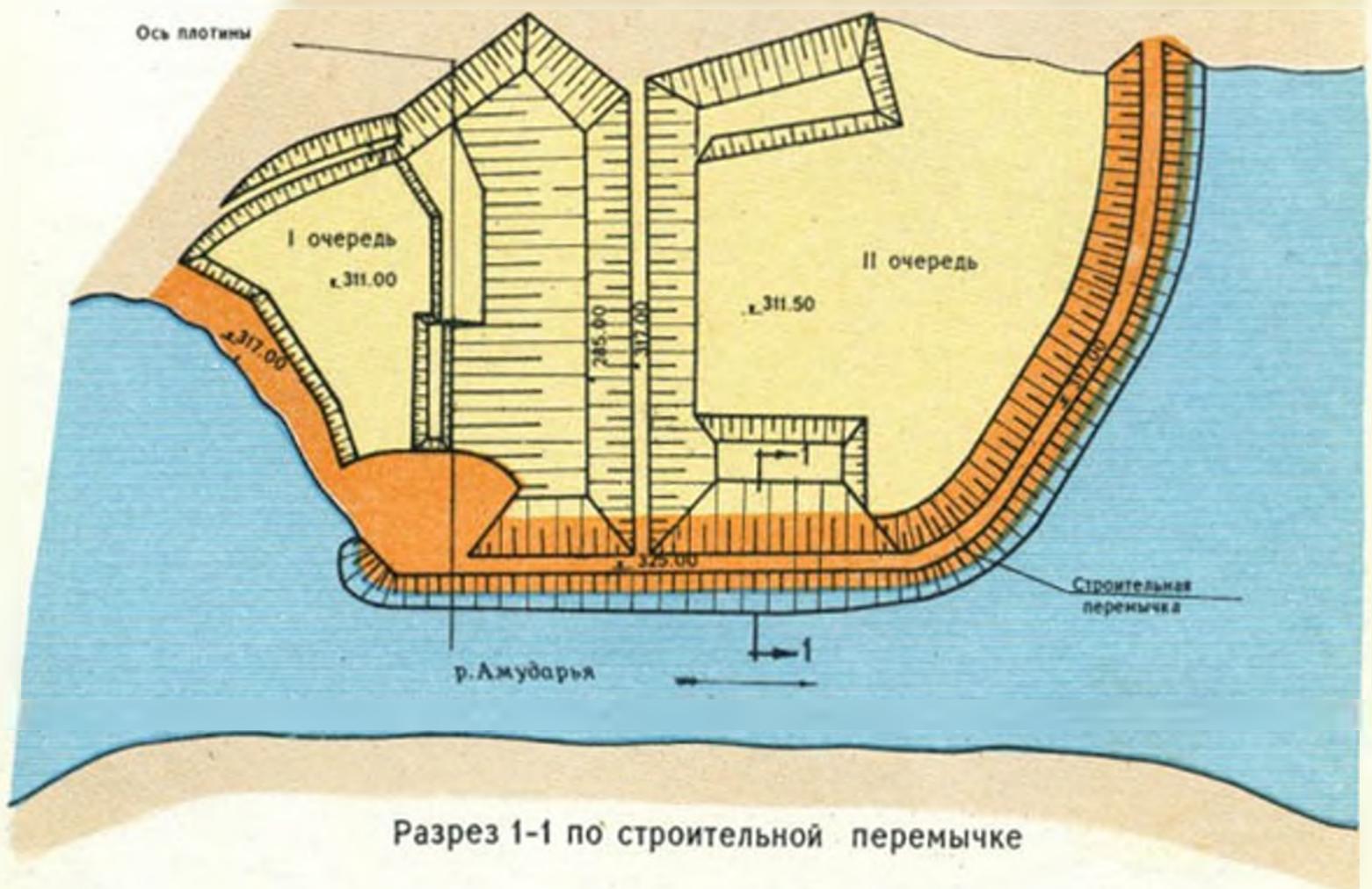
Разрез 2-2



Разрез 3-3



Котлован I-II очереди Тюямуюнского гидроузла

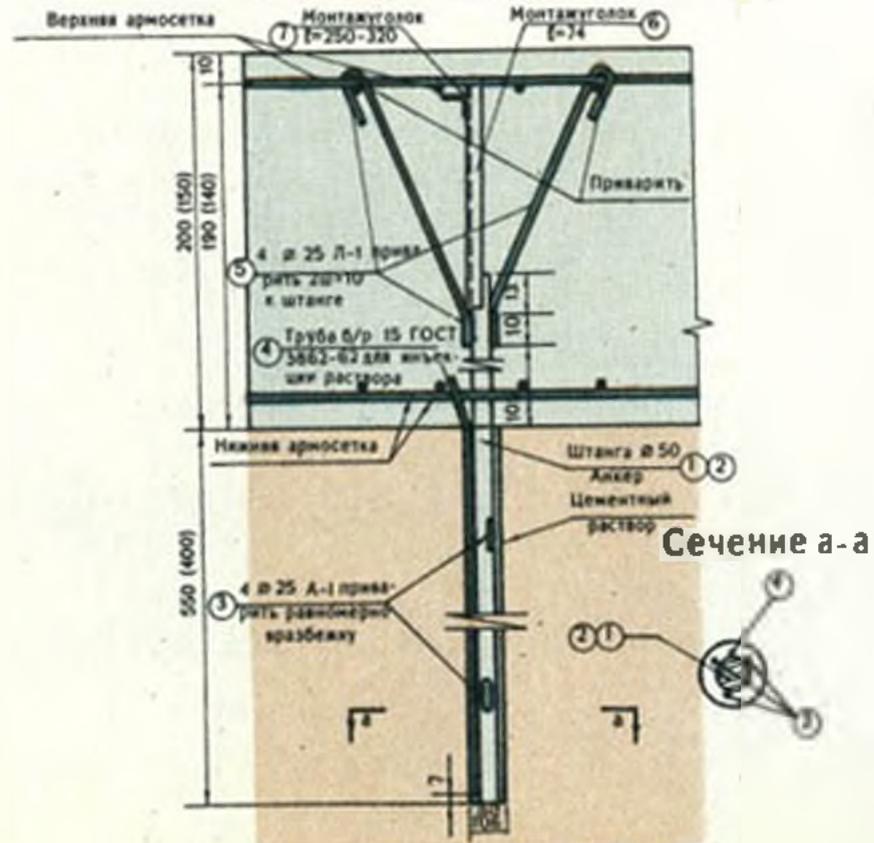


Тюямуюнский гидроузел

Наклонный водобой

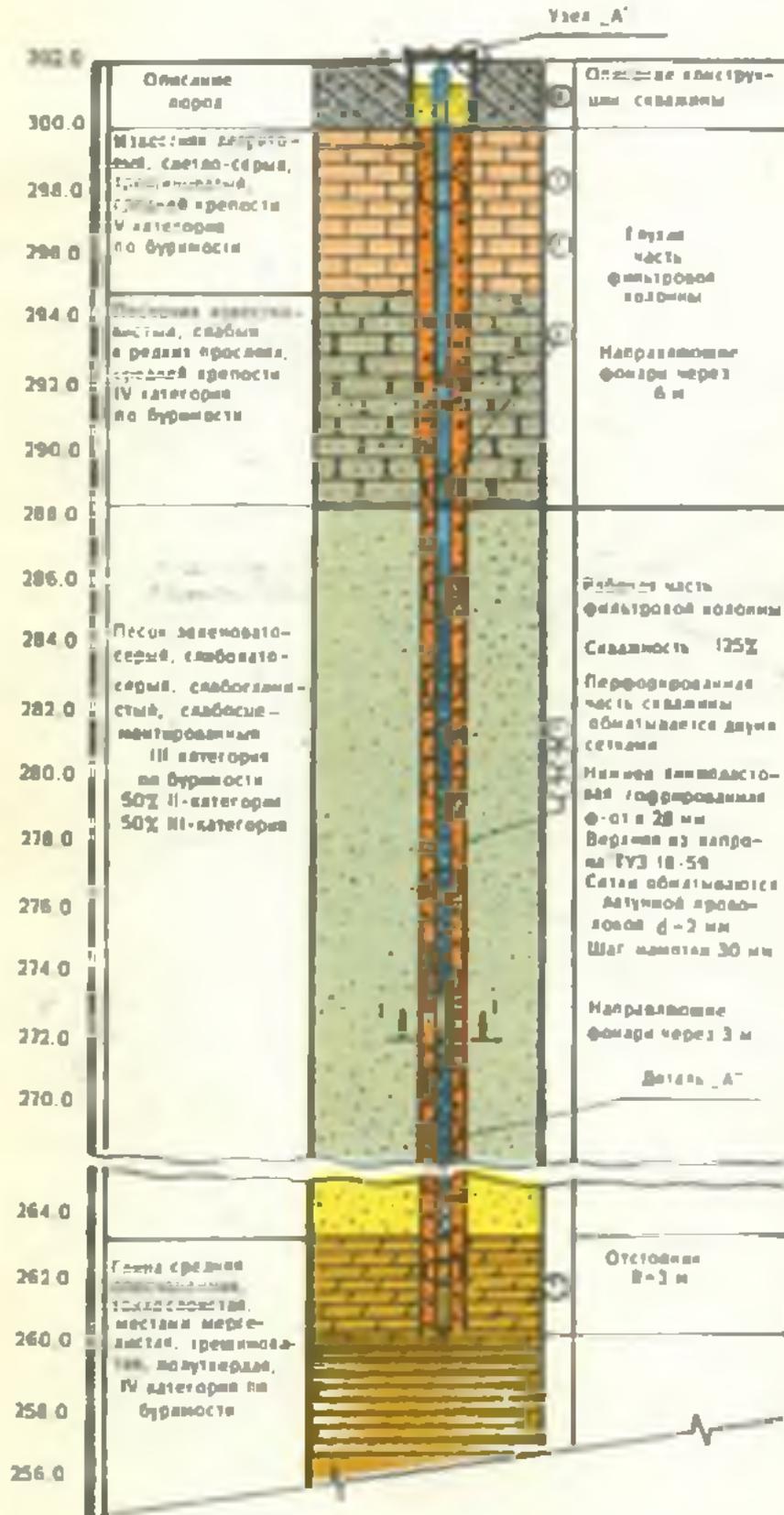


Крепление ж/б. анкера



Тюямуюнский гидроузел

Типовой разрез по скважине на водосбросной плотине



Разрез 1-1

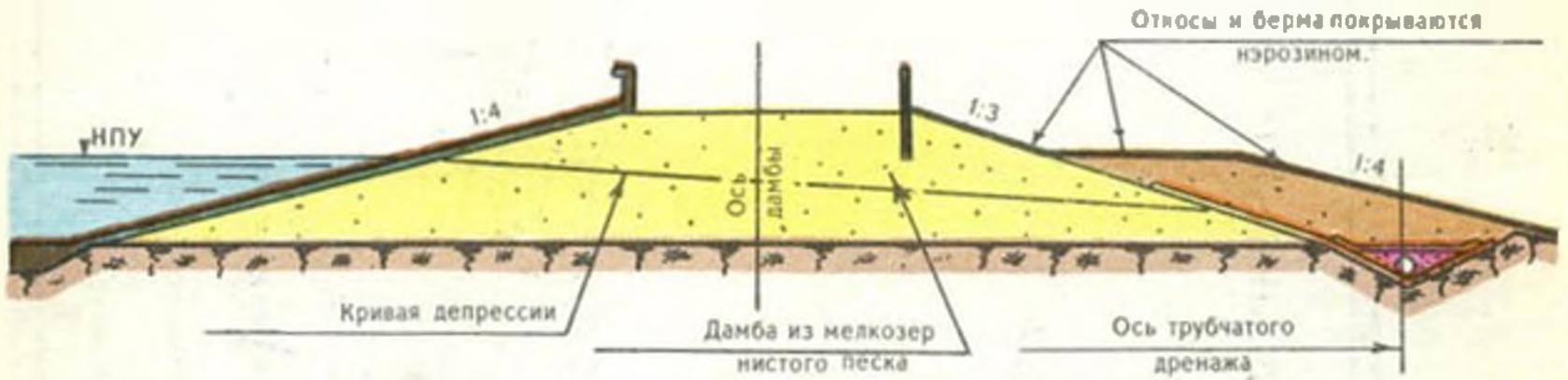


Деталь „А“

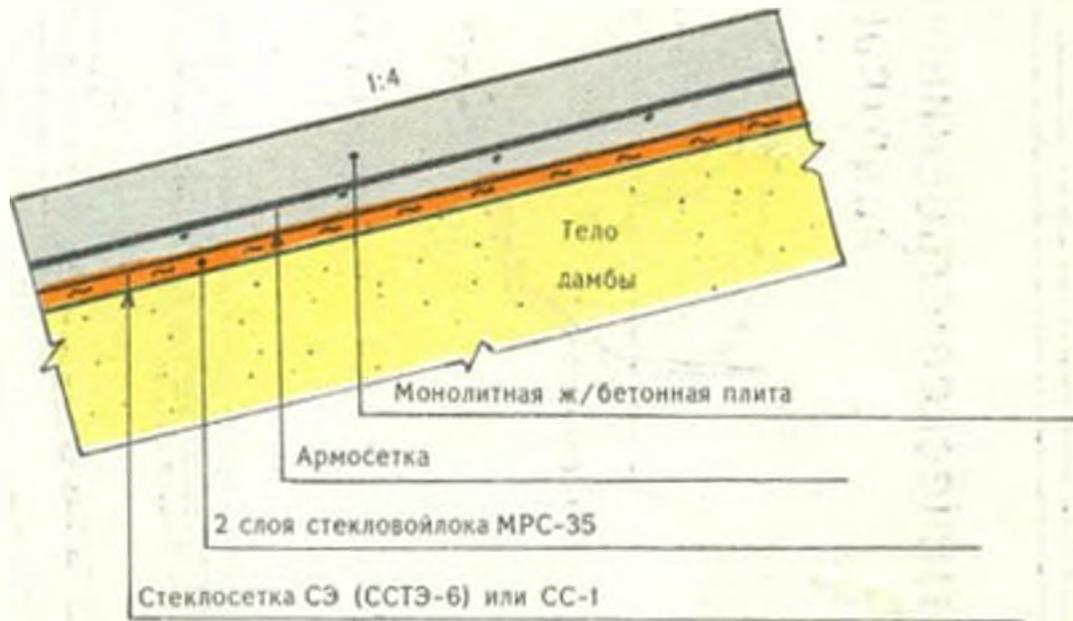


Тюямунский гидроузел

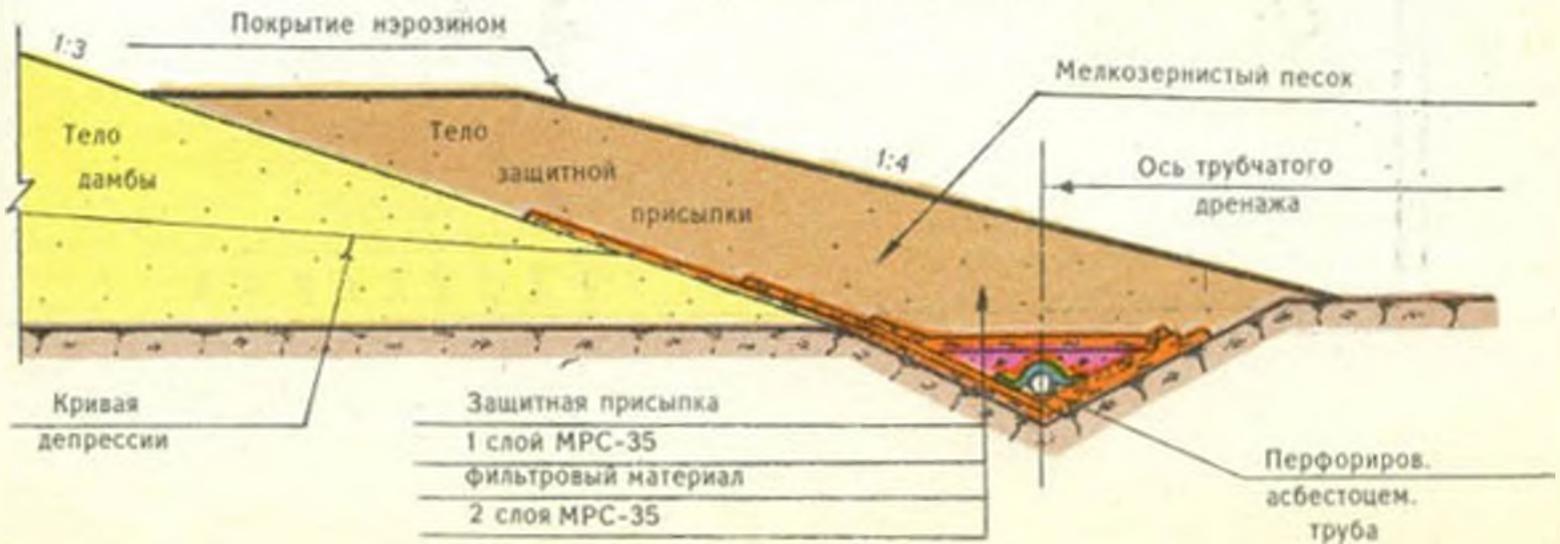
Типовое сечение дамб инженерной защиты



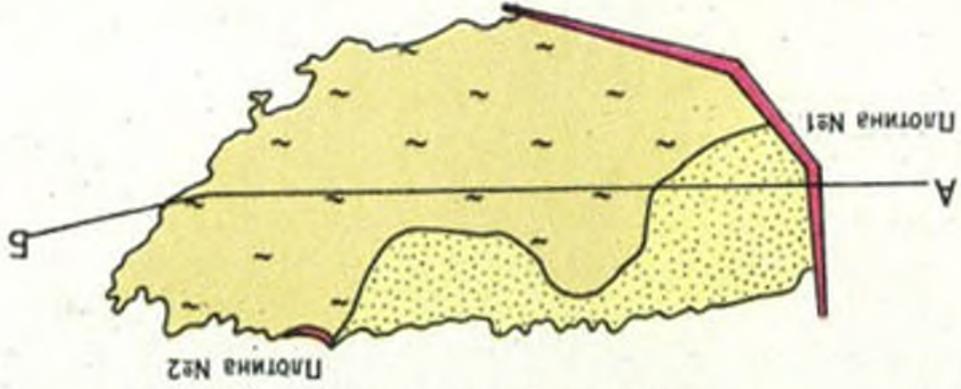
Типовое сечение монолитного ж/бетонного крепления напорного откоса



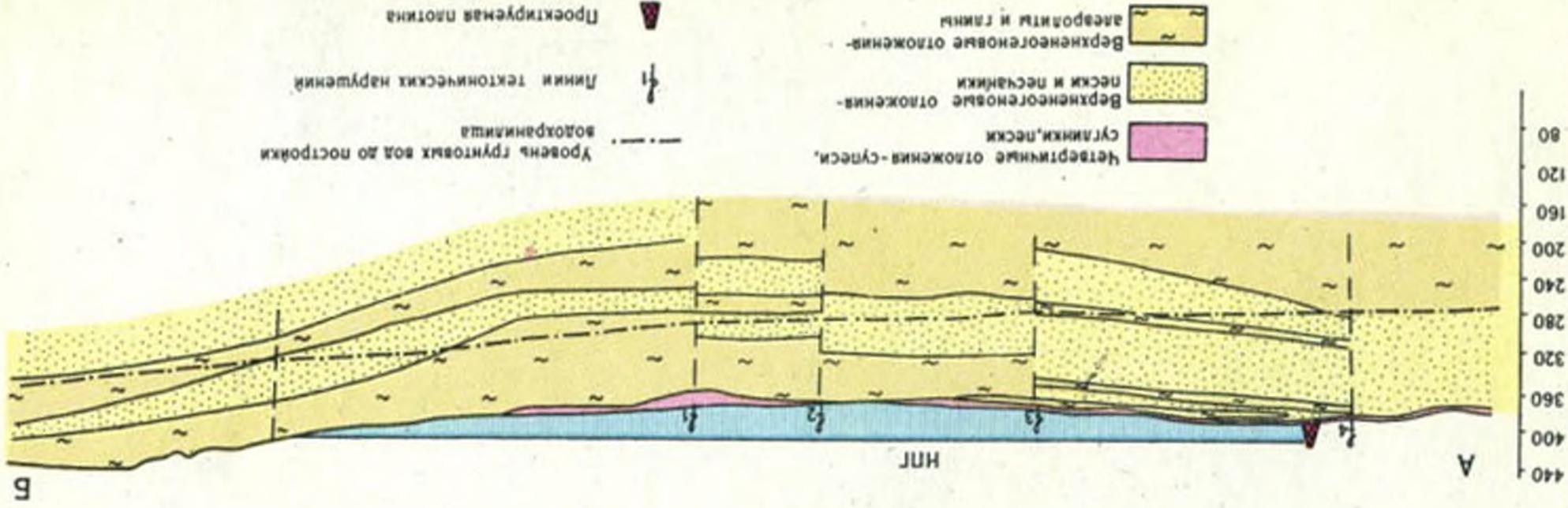
Типовое сечение трубчатого дренажа



Схематическое строение чашы Талимарджанского водоохранилища



Разрез по линии А-В



напорные водоподводящие туннели ГЭС по сочетанию их размеров и действующих напоров воды, достигающих 400 м, являются уникальными.

Общая протяженность подземных выработок на строительстве гидроузла составляет более 30 км.

Водопроводящие туннели оборудованы затворами, уникальными по параметрам не только в отечественной, но и в мировой практике затворостроения.

Для всего комплекса подземных сооружений требовалось выполнение следующих основных объемов работ: 1300 тыс. м³ открытой выемки, 2000 подземной выломки, 107 укладки бетона и железобетона, 900 — подземного бетона и железобетона, установка 74 тыс. т металлоконструкций и механического оборудования, цементация 320 тыс. м породы, использование 74 тыс. шт. железобетонных анкеров, 34 тыс. м шпурового дренажа, 2,3 тыс. м³ набрызгов бетона.

Проектирование подземных сооружений Нурекского гидроузла начато в конце 50-х годов, а строительство — в начале 60-х, когда достаточного отечественного опыта проектирования и строительства подземных сооружений большого сечения еще не было. В связи с этим при проектировании подземных сооружений Нурекского гидроузла во многих случаях принимались необоснованно тяжелые компоновочные и конструктивные решения. В процессе проектирования и строительства был разработан и внедрен ряд прогрессивных решений.

Совершенствование конструкций подземных сооружений достигнуто в основном за счет более полного учета несущей способности скальных пород при совместной работе обделок сооружений со скальным массивом, широкого использования общих и местных дренажей для снятия значительной части (до 70—80%) давления подземных вод на обделку, применения в больших масштабах укрепительной цементации горных пород, а также анкерного укрепления скалы при проходке выработок и для облегчения бетонных обделок.

Строительные туннели сечением 103 м² работают в безнапорном или слабонапорном гидравлическом режиме. На участках этих туннелей, проходящих в породах с коэффициентом крепости 4 и более и значительно заглубленных под уровень подземных вод, осуществляется легкая обделка из слабоармированного бетона марки 200 толщиной 20—40 см с железобетонными анкерами, крепящими обделку к породе, и шпуровым дренажем, снижа-

ющим давление подземных вод на обделку до 8—12 т/м².

Напорные подводящие туннели гидроэлектростанции диаметром 10 м и длиной более 400 м находятся под горизонтом уровня фильтрационных вод на глубине до 85 м. Для этих туннелей принята обделка толщиной 50 см из бетона марки 300 с конструктивным армированием и цементация породы за обделкой. При этой конструкции внешнее давление воды воспринимается обделкой, внутреннее — обделкой и прилегающей породой, горное давление — обделкой и анкерной крепью, выполненной для закрепления породы при проходке туннеля.

На одном из участков глубинного водосброса сечением в свету около 100 м² корытообразной формы, заглубленном под уровень грунтовых вод до 80 м и воспринимающем при закрытых затворах внутренний напор до 100 м, применена оригинальная конструкция укрепления туннеля. Она состоит из армированной бетонной обделки толщиной 1,0 м, дополненной цементацией породы в зоне толщиной около 3 м, удаленной от бетонной обделки на 2—3 м, и шпурового дренажа незацементированной породы между обделкой и зацементированной породой. В этом случае внешнее давление воды воспринимается в основном зацементированной породой и частично обделкой. При занепопоре состоянии туннеля зацементированная зона породы выполняет роль противодиффузионного экрана.

Турбинные водоводы диаметром 6 м имеют внутреннюю стальную оболочку; затрубное пространство величиной 40—50 см заполняется литым бетоном. Статический напор в этих водоводах у здания ГЭС равен 280 м, а динамический до 400 м. Прилегающие к зданию ГЭС горизонтальные участки водоводов длиной около 400 м будут находиться на глубине до 200 м под уровнем фильтрационного потока.

Стальная оболочка водоводов рассчитана с учетом совместной ее работы с окружающим скальным массивом, укрепленным цементацией. Для уменьшения величины внешнего давления воды на стальную оболочку при опорожненных водоводах до допустимых пределов (50—60 т/м²) устраивается специальный дренажный туннель с разбуренными из него длинными дренажными скважинами.

Гидравлические исследования выходного портала строительного туннеля первого яруса показали, что глубина размыва реки у портала достигает 15 м и затрагивает его основание. Для защиты сооружений от подмыва разработана и осуществлена новая конструк-

ция защитного зуба в основании портала в виде нескольких рядов стальных анкеров, заглубленных ниже ожидаемой глубины размыва, и цементация скалы на этом участке. Эта конструкция защитного зуба оправдала себя в эксплуатации.

В качестве регулирующих затворов в водосбросных туннелях, рассчитанных на пропуск каждым туннелем до 2000 м³/с при максимальных скоростях до 40—55 м³/с, приняты сегментные высотой 5—6 м, работающие при напорах до 110 м.

Исследования показали, что наиболее уязвимы в отношении кавитации пороги уплотнения, где создается вакуум. В связи с этим сегментные затворы оборудованы специальными противокавитационными камерами на порогах уплотнений, обеспечивающими подвод воздуха под струю, снижающими за счет этого вакуум и исключаящими возможность возникновения кавитации.

В проекте глубинного водосброса применен шпуровой дренаж облицовки с выпуклыми в нижней части стенами, оборудованными специальными трамплинами, создающими местный вакуум для интенсификации работы дренажа.

Концевое сооружение водосброса с поверхностным водозабором запроектировано в виде лотка с криволинейной (выпуклой) сливной поверхностью, заканчивающейся расширяющимся струеотбрасывающим носком — трамплином. Для исключения возникновения кавитации сливная поверхность лотка выполнена уступами, у основания которых расположены воздухоподводящие каналы, благодаря чему под потоком создается воздушная подушка или аэрированный слой.

Размеры уступов и воздухопроводов установлены модельными исследованиями, выполненными НИС Гидропроекта.

Одновременно с совершенствованием проектирования подземных сооружений улучшается организация и методы их производства. На подземных работах используется современное высокопроизводительное горнопроходческое оборудование (самоходные бурильные установки, погрузочные машины, передвижные опалубки и пр.). При строительстве транспортного туннеля сечением 86—108 м² достигнута максимальная скорость проходки — 125 м в месяц, подводящего туннеля при проходке верхнего уступа сечением 53 м² — 167 м в месяц.

Строительство Нурекского узла завершается в 1979 г. К июню 1979 г. плотина выведена на отметку 280 м, введено в эксплуатацию 8 (из 9) агрегатов ГЭС.

Тюямуюнское водохранилище и гидроузел на р. Амударье

Гидроузел Тюямуюнский на Амударье строится в среднем течении реки с целью регулирования стока для обеспечения водой орошаемых земель КК АССР и Хорезмской области Узбекской ССР, а также Ташаузской группы районов Туркменской ССР.

Створ гидроузла располагается в теснине Тюямуюн, где Амударья, прорезая выходы коренных пород, течет в крутых обрывистых берегах высотой 15—25 м. Среднегодовой расход реки в створе гидроузла 1850 м³/с. Среднегогодовая величина стока наносов 230 млн. т.

Геологические условия строительства весьма сложны. Грунты представлены аллювиальными отложениями в виде мелкозернистых и пылеватых песков с линзами и прослоями суглинисто-мергелистых отложений палеогена. Сооружения гидроузла имеют в основании пестрые грунты: верхнемеловые отложения, представленные очень незначительной толщиной известняков, разделенных слоем 7—12 см глинистого песка, слабобизвестняковые песчаники, известковистые слабоцементированные пески, песчаные алевролитовые полутвердые глины и т. п.

На дне Султансанджарской чаши залегают около 25 млн. т соли, которая при создании наливного водохранилища будет прикрыта мертвым объемом воды в количестве 1 км³.

Компоновочные решения. Потребность регулирующей емкости в створе Тюямуюна составляет 5—7 млрд. м³. Водоохранилище состоит из 4 емкостей: руслового и 3 наливных на левом берегу. Гидроузел с сооружениями должен обеспечить подачу воды на правый и левый берег. В каналы должна подаваться вода с ограниченным содержанием наносов.

Указанные обстоятельства, а также необходимость регулирования наполнения, сработки всех емкостей водохранилища потребовали сооружения не только речного подпорного гидроузла, но и значительного количества других сооружений.

В состав основных сооружений входят следующие:

речной гидроузел, состоящий из водосливной и глухой земляной плотины, гидроэлектростанции совмещенного типа, левобережного и правобережного водозаборов, сопрягающих дамб и других сооружений,

правобережный магистральный канал до включения в действующую систему длиной 20 км с сооружениями на расход 200 м³/с,

левобережный магистральный канал до включения в действующую систему длиной 20 км на расход 500 м³/с,

перегораживающее сооружение на левобережном магистральном канале в месте пересечения с каналом на Султансанджарском водохранилище,

плотина наливного Султансанджарского водохранилища,

сооружение двухстороннего действия для наполнения и сработки Султансанджарского водохранилища на расход 500 м³/с,

водовыпуск из Султансанджарского водохранилища на расход 250 м³/с и канал осветленной воды,

канал наполнения и сработки Кошбулакского водохранилища,

ограждающие дамбы и различного рода защитные сооружения.

Кроме указанных основных, предусмотрено строительство многочисленных более мелких, но достаточно важных объектов — мосты на сооружениях и каналах, железнодорожная станция, дороги, линии электропередач и связи, подстанции и т. д.

Кратко опишем технические решения, применяемые при проектировании и строительстве сооружений.

Огромное количество наносов (до 280 млн. т в год), влекомых Амударьей, может заилить русловое водохранилище в короткие сроки. Для продления службы полезной емкости руслового водохранилища предусмотрены пропуски паводков с мая по сентябрь через сооружения гидроузла при сниженных до метрового объема горизонтах. Такая схема соответствует режиму водопользования, так как русловое водохранилище будет ежегодно срабатывать полностью в период промывок, наливные же — по потребности. Предполагается отработать режим водохранилищ в начальный период эксплуатации на основе наблюдений за влекомыми наносами, отложениями их в водохранилище, размывами и общим понижением русла ниже гидроузла.

Так как наливные емкости будут иметь осветленную воду, предусмотрена возможность смешения ее с мутной водой руслового водохранилища путем сработки наливных водохранилищ (Султансанджарского и Кошбулакского) в русловое через водозаборное сооружение Султансанджарского водохранилища или непосредственно в левобережный магистральный канал через водовыпуск в теле Султансанджарской плотины по каналу осветленной воды. Подача воды в нижний бьеф гидроузла позволит увеличить полезную емкость Султансанджарского и Кошбулакского

водохранилищ за счет сработки их на 4 м ниже горизонта мертвого объема руслового водохранилища.

Намеченная схема работы 4 водохранилищ весьма гибка и оперативна. В первую очередь будут введены в строй русловые водохранилища и наливное Капарас, а затем Султансанджарское и Кошбулакское, работающие совместно.

Речной гидроузел. Бетонная водосливная плотина состоит из 9 пролетов по 9 м, оборудованных сегментными рабочими и плоскими ремонтными затворами. В водосливной плотине следует отметить своеобразное решение понижающейся по длине водобойной части, продиктованное геологическими условиями — падением слоев известняка в сторону нижнего бьефа под углом 14°.

Здание гидроэлектростанции принято совмещенного типа с донным водозабором с целью создания условий для транспортировки наносов и выравнивания потока при подходе и за сооружениями. Правобережный водозабор принят фронтальным по условиям промыва наносов и конструктивно решен в виде сопрягающихся сооружений.

Левобережный водозабор — один из самых сложных по условиям забора воды, обеспечения промыва наносов, гашения энергии и сопряжения с левобережным магистральным каналом, в связи с устройством на этом канале отстойника. Все это продиктовало необходимость расположения водозабора под углом к фронту сооружений. Шесть отверстий водозабора размером 5×6 м каждый оборудованы сегментными рабочими и плоскими ремонтными затворами. Сопрягающийся участок левобережного водозабора с каналом располагается на пластичных глинах, что потребовало специального его конструирования.

Земляная плотина и правобережные дамбы № 1 и 2 возводятся из местных песков гидромеханизированным способом с использованием опыта строительства подобных сооружений на других объектах гидротехнического строительства.

Дамбы инженерной защиты протяженностью около 25 км и высотой до 14 м возводятся из местных песков; низовые откосы дамб крепятся слоем щебня.

В целях защиты низовых откосов дамб от ветровой эрозии используется как временный химический стабилизатор нерозин (по рекомендации САО гидропроекта). Он представляет собой нефтеобразный продукт переработки горючих сланцев — кукерситов. Выпускается в больших количествах в готовом для употребления виде сланцехимическим комбинатом

«Кивныли» (Эстонская ССР, г. Кивныли), транспортируется в железнодорожных цистернах для темных нефтепродуктов и наносится на обрабатываемую поверхность авиационным и наземным способом.

В проекте предусмотрено нанесение перолина на откосы дамбы автогудронатором с распылителем на прицепном БКП-1 с тракторной тягой. На поверхности песка после обработки препаратом образуется корка толщиной 3--5 мм, прочностью на продавливание от 3 до 4 кг/см² (незакрепленный песок — 0,4 кг/см²), обладающая пластическими свойствами.

Закрепленная поверхность зарастает естественной растительностью. Это объясняется тем, что корка сохраняет от испарения влагу, накопленную за зимне-весенний период, что благоприятно для прорастания диких трав и другой растительности, поэтому раствор рекомендуется наносить весной. Низкая стоимость закрепления позволяет при необходимости повторять его через 2—3 года, затем вновь проводить названные мероприятия.

Интересен опыт возведения ограждающих перемычек котлована гидроузла в паводок с использованием естественного размыва и углубления основания впереди ведущейся отсыпки грунта в воду, что позволило получить заглубленную и надежную перемычку в условиях легко размываемого основания. Воду из котлована отливали с помощью вертикальных насосных и иглофильтровых установок.

Вододелитель на левобережном канале в месте пересечения с каналом с осветленной водой должен обеспечить в летний период при сработанном русловом водохранилище подачу по левобережному каналу смешанной воды из живого тока Амударьи и из наливного водохранилища Султансанджар, а при необходимости — обеспечить сброс (частичный или полный) в Амударью для орошаемых земель, подкомандных Тахнаташской плотине.

Водозаборное сооружение для наполнения и сработки Султансанджарского водохранилища на расход 500 м³/с с перепадом 15 м имеет двустороннее действие. Конструкция сооружения доковая с учетом наличия в основании набухающих глин.

Водовыпуск осветленной воды из Султансанджарского водохранилища устраивается с целью более глубокой его сработки (на 4 м ниже метрового объема), обеспечения подачи воды из водохранилища в левобережный магистральный канал; проектируется в виде башенного водоприемника с трубой под телом плотины Султансанджарского водохранилища.

Остальные гидротехнические сооружения гидроузла обычные, хотя и отличаются масштабами работ: плотина Султансанджарского водохранилища имеет объем земляных работ 12 млн. м³, дамбы обвалования — 3 млн. м³, канал наполнения и сработки Кошбулакского водохранилища, который намечено выполнить взрывом на выброс, — около 12 млн. м³.

Талимарджанское водохранилище на Каршинском машинном канале (КМК)

Оно строится на водоразделе между Амударьей и Кашкадарьей в конце головной части КМК и начале рабочей самотечной части. Общая длина канала 176 км, машинного — 78 км. Шесть насосных станций поднимают из Амударьи воду на высоту 132 м, расход 195 м³/с; седьмая станция наполняет водохранилище; дополнительная высота качания изменяется от 3,9 до 26,6 м; таким образом, общий подъем составляет 158,6 м.

Расход рабочей части канала, обеспечивающий орошение 360 тыс. га, равен 360 м³/с; он складывается из расхода 195 м³/с, подаваемого по машинному каналу в обход водохранилища, а также из расхода, выпускаемого из водохранилища. Полная емкость принята равной 1,53 км³, полезная — 1,4 км³.

В состав Талимарджанского водохранилища входят следующие основные сооружения: земляные плотины в створе насосной станции высотой 34 м, в створе водовыпуска 35 м, насосная станция № 7 для заполнения водохранилища и трубчатый водовыпуск с башней управления.

Для первой очереди орошения (200 тыс. га) временная трасса рабочей части канала проложена через чашу водохранилища. По этой трассе построен канал на пропуск 200 м³/с, который, прорезав водораздел глубокой выемкой (до 30 м), соединился с рабочей частью КМК.

На верхней точке КМК в качестве небольшой резервной емкости, необходимой уже при первой очереди орошения, использовалась емкость Талимарджанской впадины при ее частичном наполнении.

Объем водохранилища при пуске первой очереди — 150 млн. м³, из них около 70 млн. м³ можно выпустить самотеком в рабочую часть канала. Заполнение его производится через 4 водовыпуска из канала, каждый на расход 10 м³/с. При заполнении и опорожнении ведутся наблюдения за потерей воды из водохранилища, что позволяет откорректировать данные о потерях воды на фильтрацию, полученные расчетом.

Взамен эксплуатируемого временного канала, проходящего по чаше Талимарджанского водохранилища, строится канал в обход его с сооружениями.

Насосная станция № 7. Для заполнения водохранилища до проектного объема 1,69 км³ насосная станция № 7 должна работать в течение 6 месяцев, а с июня по октябрь вода будет проходить по обходному каналу в следующих параметрах:

Месяц	Расчетная подача, м ³ /с	Высота качания, м	Геометрический напор, м
IV	142	19,8—24,8	22,3
V	68	24,8—26,6	25,7
IX	38	4,9—5,6	4,75
X	145	5,6—13,4	9,5
XI	89	13,4—16,7	15,05
XII	102	15,7—20,8	18,75

Как видно из приведенных данных, проектируемая станция должна обеспечить заполнение водохранилища при высотах качания от 3,9 до 26,6 м. Средазгипроводхлопок совместно с ВНИИгидромашем МХМ СССР выполнил схематические проработки по выбору насосных агрегатов, способных перекрыть большую часть указанного диапазона напоров. В качестве основного оборудования на насосной станции было рекомендовано принять центробежные насосы 2400 ВР-25/25, которые разрабатывает ВНИИгидромаш на базе насоса В24-25/40 для головной Джизакской насосной станции. Разрабатывается также синхронный электродвигатель ВДС375-100/32 мощностью 8000 квт на 187,5 об/мин. Признано целесообразным дополнительно установить два «разменных» агрегата 72В-22 с синхронным электродвигателем ВДС-325/59-24М мощностью 4400 квт при 250 об/мин.

На станции устанавливается 7 основных агрегатов 2400ВР-25/25 (до 21 м³/с каждый), обеспечивающих подачу расчетного расхода 145,0 м³/с, и два «разменных» агрегата как резервно-форсировочных по 10 м³/с.

В качестве запорной арматуры на основных агрегатах устанавливаются дисковые затворы диаметром 2,8 м и на «разменных» диаметром 2,2 м. В состав станционного узла входят подводящий канал длиной 2810 м в бетонированном русле, аванкамера с приемными камерами, здание насосной станции, напорные трубопроводы в железобетонной галерее, водовыпускное сооружение с башней управления затворами, сопрягающее сооружение, отводящий канал.

Затворы плоские, колесные, двухсекционные размером 4×4,7 м, рассчитаны на напор 23,5 м. Электроснабжение станции предусмат-

ривается от подстанции 220/10 кв, где устанавливаются два трансформатора по 63 квт.

Земляные плотины и водовыпуск. Земляная плотина в створе насосной станции возводится из мелких песчаных грунтов. Высота плотины 35 м, ширина по основанию 300 м, по гребню 10 м и длина 9,7 км; заложение откосов принято равным 3 и 3,5. Верховой откос крепится железобетонными плитами толщиной 20—25 см с обратным фильтром. Низовой откос покрывается гравелистым слоем 0,5 м; у подошвы устраивается дренажная призма с трубчатой дренажной системой; дренажная вода в количестве до 4 м³/с будет перекачиваться в подводящий канал НС № 7. Над гребнем плотины на 4,0 м возвышается бетонный парапет, предохраняющий от перелива.

Земляная плотина в створе водовыпуска по конструкции такая же. Заложение верхового откоса 4 м, низового 3,5; длина плотины по гребню 1 км.

Водовыпуск из водохранилища расположен в теле плотины и представляет собою пятночковую железобетонную трубу, рассчитанную на пропуск расхода 360 м³/с; размер каждого очка 4×5 м. Для управления затворами строится башня в теле плотины вблизи ее гребня. Предусмотрены две линии плоских затворов—ремонтные и рабочие.

Гидрогеологические условия, потери на фильтрацию. Талимарджанское водохранилище расположено в пологосклонной впадине Кутучок, ограниченной с запада и севера горами Аляутдинтау и Дультали, с востока — урочищами Гасанджа и Айкоты; с юга впадина невысоким водоразделом граничит с Талимарджанской. Наиболее древние отложения, разведанные в районе водохранилища, — глины, песчаники и известняки сенонского и датского ярусов верхнего мела, которые слагают ядерные части антиклиналей Аляутдин и Дультали.

Гидрогеологические условия определяются несколькими водоносными горизонтами, разделенными регионально выдержанным слоем и пачками слоев водоупорных пород.

На большей части подземные воды плиоценовых отложений обладают свободной поверхностью, но на некоторых участках имеют субнапорный характер. Воды преимущественно хлоридно-сульфатные, натриевые с сухим остатком до 13 г/л. Значительные участки хорошо фильтрующих песчаных пород в ложе и бортах водохранилища, большая мощность зоны аэрации вызывали опасения больших потерь воды на фильтрацию. В соответствии с расчетами Куйбышевского филиала Гидропроекта, составившего в 1968 г. проектное зада-

ние, наполнение водохранилища расходом 40 м³/с должно было продолжаться 7 лет, через 15 лет после подачи воды ожидалось снижение потерь до 18 и через 20 лет до 14 м³/с.

Выполненный Н. М. Игнатиковым специальный анализ материалов инженерно-геологических изысканий и дополнительное изучение Средазгипроводхлопком фильтрационных потерь из Атчинской впадины (аналог Талимарджанской) показали, что принятая в проектном задании расчетная схема фильтрации из водохранилища была несколько упрощена.

Инженерно-геологические изыскания Средазгипроводхлопка в 1972—1974 гг. для обоснования проекта водохранилища позволили уточнить геологическое строение района и гидрогеологические параметры грунтов зоны аэрации и водонасыщенной толщи. Оказалось, что в чаше водохранилища развиты преимущественно алевролиты или пески с песчаниками, интенсивно прослоенные алевролитами, а сравнительно однородная мощная толща песков распространена значительно южнее чаши.

Потери воды на фильтрацию по уточненным данным определены модельными исследованиями на кафедре гидрогеологии МГУ под руководством В. М. Шестакова. Результаты исследований показали, что заполнение водохранилища расходом 40 м³/с произойдет за 2,5 года, потери 14 м³/с ожидаются спустя 3 года после подачи воды и будут уменьшаться: через 7 лет до 9,8, а через 20 лет до 7,8 м³/с.

Заполнение Талимарджанского водохранилища началось в октябре 1974 г. Величину потерь с начала наполнения по 1977 г. характеризуют следующие данные:

Показатель	1974	1975	1976	1977
Наибольшее наполнение, м	2,2	11,4	3,0	15,2
Средняя площадь зеркала, км ²	0,6	5,6	20,9	21,2
Потери млн. м ³ на испарение (расчетное)	0	7,8	30,0	33,6
на инфильтрацию	1,2	133,6	182,6	194,2
всего	1,2	141,4	212,6	227,9
Инфильтрация, м ³ /сут.м ²	0,347	0,076	0,021	0,022

В течение года величина инфильтрации в зависимости от характера работы водохранилища не остается постоянной. Так, с января по апрель 1977 г. при наполнении водохранилища и повышении горизонтов она колебалась от 0,025 до 0,04 м³/сут/м² и в среднем была равна 0,032, а с мая по август во время подачи воды из водохранилища на орошение и по-

нижении горизонтов составляла лишь 0,008—0,01.

Инфильтрационная вода идет на увлажнение грунтов зоны аэрации и пополнение подземных вод. Для наблюдения за характером увлажнения грунтов и формированием бугра подземных вод под водохранилищем предусмотрены специальные гидрогеологические работы по этапам наполнения. На каждом этапе оборудуется сеть наблюдательных скважин в водохранилище и по его контуру, позволяющая изучать режим подземных вод в блоках различного фильтрационного строения.

После первого этапа (к концу 1975 г.) установлено формирование под водохранилищем в зоне аэрации на слабопроницаемых грунтах локального горизонта грунтовых вод типа верховодки. Между ним и горизонтами водохранилища существует тесная гидравлическая связь, проявляющаяся в подобии изменений уровней. Верховодка создает условия подпертого режима фильтрации и стабилизирует потери воды задолго до подъема уровня подземных вод ко дну чаши водохранилища.

Подъем начался в более водопроницаемой юго-западной части в декабре 1975 г. и за два года вблизи водохранилища был равен 13,8 м, а в 400 м — 9,1 м. На участке плотины № 1 он начался в середине 1977 г. и к концу года в нижнем бьефе плотины составил 5,9 м, на расстоянии 0,8 км от водохранилища — 3,6 м и на 1,6 км — 2,4 м. В северной части водохранилища на участке водовыпуска за то же время уровень поднялся на 2,2 м.

Минерализация грунтовых вод горизонта верховодки в период формирования была 2—10 г/л; затем проявилась тенденция к уменьшению содержания сухого остатка до 0,5—4 г/л из-за вымыва сульфатных солей. Химический состав воды основного водоносного горизонта также претерпевает изменения, однако здесь отмечается увеличение минерализации за счет привноса солей инфильтрационными водами из сильнозасоленных грунтов зоны аэрации. Например, анализ воды из колодца 4, находящегося в 0,5 км от плотины № 1, показал повышение минерализации с 7,6 до 10,3 г/л с марта 1975 г. по сентябрь 1977 г. На остальном участке плотины увеличение минерализации за то же время произошло с 2 до 8 г/л.

Наблюдения за формированием потока грунтовых вод от водохранилища продолжают, но уже можно считать, что прогнозные проработки для обоснования технического проекта были выполнены с некоторым запасом.

Важен также прогноз влияния Талимарджанского водохранилища на изменение гид-

рогеологических условий окружающих территорий, в первую очередь орошаемых земель в долине Кашкадарьи. Водоохранилище отделено от площадей орошения мощной толщей глинистых пород возвышенностей Аляутдинтау и Дультали, а в сторону долины Амударьи такого «экрана» не наблюдается. Расчеты Средазгипроводхлопка показывают, что влияние этого подпора в долине Амударьи скажется только спустя 95—100 лет; через 50 лет подпор распространится на 40—45 км. Уровень грунтовых вод на территории Туркменской ССР сохранится на достаточно большой глубине от поверхности земли. Только в непосредственной близости от водоохранилища в нижнем бьефе плотины ширина зоны подтопления составит около 1 км, поэтому здесь необходимо сооружение дренажа.

В настоящем обзоре о водоохранилищах в бассейне Аральского моря приведены технические характеристики наиболее крупных из них, строительство которых завершено или завершается и емкости их вводятся в эксплуатацию.

В проектных организациях, помимо перечисленных в табл. 23 50 водоохранилищ, составляются технические проекты их на мелких реках и саях, причем зачастую происходило совмещение селехранилищ с водоохранилищами.

В связи с возможной задержкой поступления сибирской воды полное зарегулирование всех речных систем — одна из главных задач ближайшего времени. В технических проектах широко используется опыт проектирования и строительства действующих, надежных в эксплуатации плотин и водоохранилищ.

Производительность орошаемого земледелия во многом зависит от режима рек, получающих воду главным образом за счет таяния ледников и снега. Это вынуждало местное население приспособлять сельскохозяйственное производство к режиму рек. Вкладывая огромный труд и используя веками накопленный опыт, народы Средней Азии создали крупные культурные оазисы, жизнь и развитие которых всецело зависели от надежности ирригационных систем (водозаборных устройств, регуляционных сооружений, оросительных и сбросных каналов и т. д.), построенных руками сотен тысяч людей под руководством народных специалистов. В начале века эти системы находились в первоначальном состоянии.

Наиболее тяжелым был водозабор. Искусные специалисты (мирабы, арык-аксакалы) создали схемы водозаборов, в которых нашли практическое применение законы гидравлики и русловых процессов. В качестве примера можно назвать такие грандиозные сооружения из камня, хвороста и леса, как водозаборы на Карадарье (Кампырват, Тешикташ и др.), Зарафшане (Раватходжа, Аккарадарья, Нарнай, Дуаба и др.), Чирчике (Бозсу), Вахше (Джойбор, Джиликуль) и др.

В период прохождения паводка водозахватные сооружения — шпоры нередко повреждались и даже разрушались, вызывая перебои в водоподаче, снижалась водообеспеченность, нарушалось вододеление.

В Хорезме, например, действовал многоголовый водозабор из Амударьи, в систему которого входили питающие каналы (саки) длиной до 10—15 км, служившие одновременно песколовками. Очистка их производилась вручную; на берег реки съезжались десятки тысяч водопользователей с лопатами и кетменями, очищали дно, выбрасывая отложения путем 5—10 перекидок, в результате на берегу образовывались высокие отвалы (раши).

Регулирование водозабора в каналы Палван, Шават, Клычбай и другие велось включением новых сак или исключением их. Если речной поток отходил от головы канала, то использовался тот канал, вблизи которого проходил поток. Водообеспеченность Хорезма, таким образом, несмотря на действующую систему водозабора и многоводность Амударьи, была неустойчивой и часто недостаточной.

На реках типа Сох, Исфара, где водозабор осуществлялся на громадных конусах выноса, сложенных галечниками, возникали трудности из-за больших уклонов (0,01 и больше) и крупных валунов, влекомых потоком. Отлагавшиеся на головных участках каналов камни снижали пропускную способность и для ее восстановления необходимо было вручную выбрасывать их. Все эти работы производили дехкане, их называли «пай-ишканцы» (в переводе — «пока пятки не набьешь, воды не получишь»).

Если в паводки удавалось забирать воду из реки по все каналы в потребных количествах, то до и после спада расположенные выше водопользователи часто продолжали брать свою долю, а ниже по течению ее недополучали или лишались.

Справедливое распределение воды по водозаборам в оросительных системах, расположенных вдоль по реке, всегда было и остается чрезвычайно сложной проблемой, если учесть то обстоятельство, что по некоторым бассейнам ресурсы используются почти полностью.

Водообеспеченность оросительной системы даже при достаточном количестве воды в реке в значительной мере зависит от технических возможностей производить установленное планом вододеление с помощью водозаборных сооружений того или иного типа.

Бесплотинные водозаборы. Водозабор без плотин обычно осуществляется для неболь-

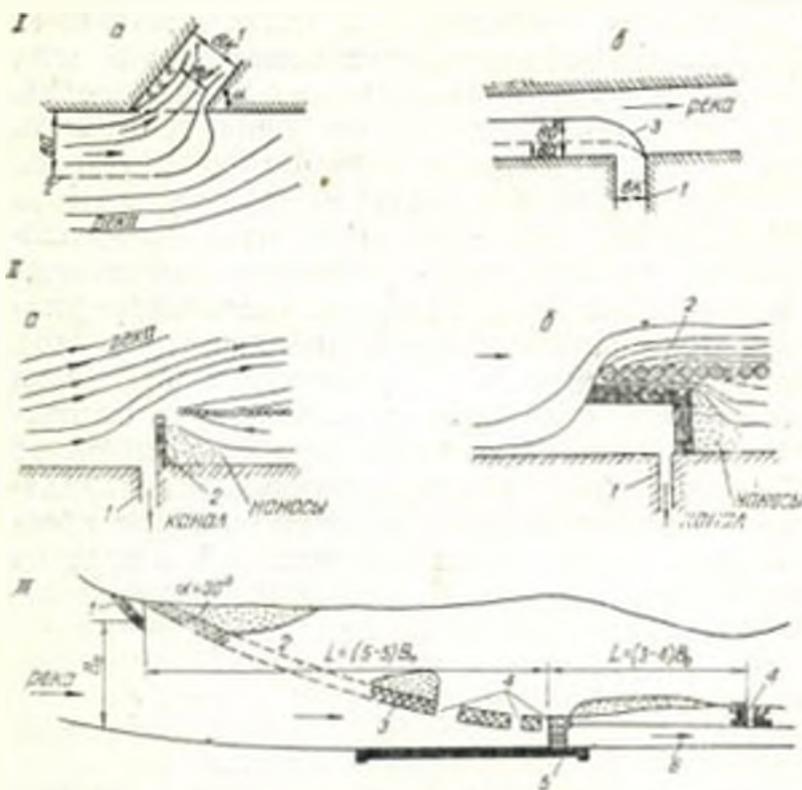


Рис. 37. Схема бесплотинных водозаборов из рек:

I — наиболее простой тип бесплотинного водозабора каналом, прокопанным от берега реки под некоторым углом: а — под углом $\alpha = 30^\circ$, б — под углом $\alpha = 45^\circ$; 1 — канал, 2 — длина разбега, 3 — крайний донный тик; II — устройство поперечной (а) и водозахватной (б) шпор для создания подпора перед вводом канала: 1 — впазам, 2 — поперечные и продольные шпоры; III — местный тип водозабора с устройством водозахватной дамбы различной прочности по длине: 1 — шпора, 2 — укрепленная часть дамбы, 3 — постоянная часть дамбы, 4 — сбросы, 5 — укрепление берега, 6 — канал.

шого отбора воды из реки в магистральные каналы в зависимости от условий командования и характера течения воды в реке.

Наиболее простой тип бесплотинного водозабора — открытый канал, прокопанный от берега реки до оросительной системы (рис. 37, I). Очень часто использовались здесь короткие шпоры для обеспечения водозабора (рис. 37, II). При значительном водозаборе устраивались более длинные водозахватные шпоры, являющиеся одновременно и струнаправляющей дамбой. Типичная схема местного типа — существовавший ранее водозабор из Чирчика в канал Боз-су (рис. 37, III). Дамба в плане имеет криволинейное очертание и выдвигается от головы канала вверх по течению реки, образуя с линией берега подводящее русло переменной ширины, при этом контуру берега придает плавное очертание с вогнутостью в сторону подводящего русла с целью создания условия для возбуждения в потоке поперечной циркуляции, чтобы отвести донные наносы от водоприемника в сторону сброса.

В условиях Амударьи со значительной мутностью потока и крайней неустойчивостью русла основным средством регулирования расходов в канале было многоголовье. В паводок работает одна голова, другие закрыты перемычками, после спада паводка включают и остальные. Такая схема водозабора позволила регулировать подачу воды на магистральные каналы в межень и очистить каналы от наносов (гидравлически или механически) сбросом их обратно в реку. Для регулирования расхода воды в голове каналов иногда устраивались сужения (ошейники) из специальных каменно-хворостяных цилиндров (карабур, рис. 37, I, II).

В связи с ростом потребности в воде на орошение в последующий период при бесплотинных водозаборах начали устраивать головные сооружения инженерного типа, снабженные затворами, регулирующими поступление воды в каналы при изменении расхода и уровня воды на реках. Отметка порога регулятора назначается по средненизкому уровню воды в реке, а для борьбы с наносами в половодье в специальные пазы закладывается шандорный порог до высоты надвигающейся гряды.

Ташсакинский бесплотинный водозабор из Амударьи имел две головы для подвода воды к регулятору на берегу и обеспечивал водой расходом $300 \text{ м}^3/\text{сек}$ системы каналов Палван, Газават и частично Шават, Ташсакинские регуляторы представляют собой инженерное железобетонное сооружение открытого типа. Начальный участок канала ниже регулятора длиной 1 км предполагалось использовать в качестве отстойника с непрерывной механической очисткой землесосами. Отстойники не обеспечивали необходимого отстоя и каналы занялись на значительной длине.

Для улучшения условий подхода потока к головному регулятору и уменьшения завлекания в канал насосов в 1949 г. перед головным сооружением была установлена струнаправляющая система М. В. Потанова, которая, отвлекая донные наносы от места входов в каналы, улучшила условия водозабора. Позже она была снята из-за сложности в эксплуатации. Новый подпитывающий канал на левом берегу осуществляет водозабор из строящегося Тюямуянского водохранилища (рис. 38).

На правом берегу осуществляется бесплотинный водозабор с расходом воды до $100 \text{ м}^3/\text{сек}$ в канал Пахта-Арна. Регулятор этого канала отнесен от берега Амударьи на 15 км, подводящий канал постоянно очищается от наносов земснарядами.

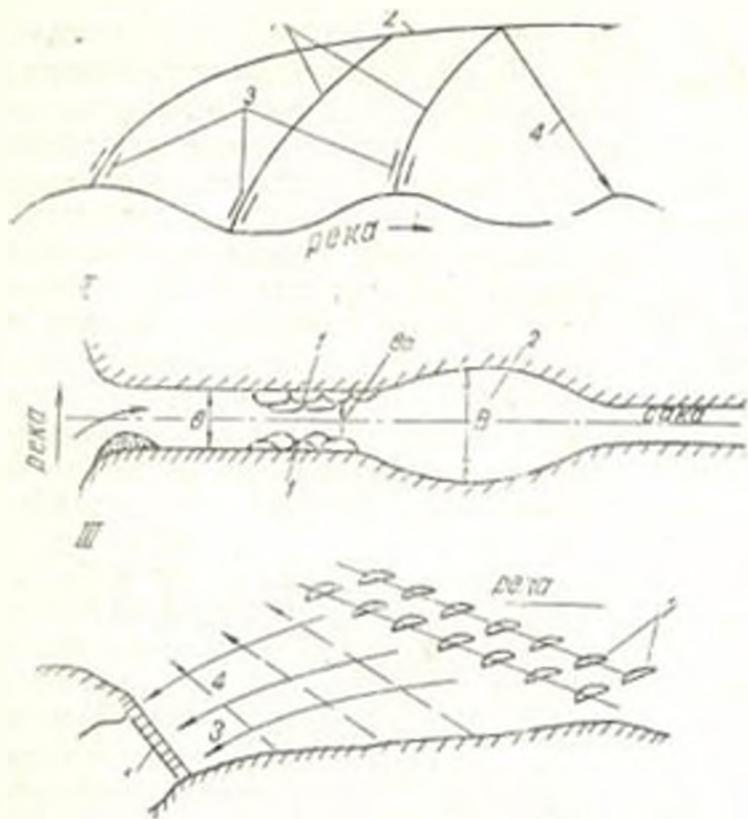


Рис. 38. Схема бесплотинных водозаборов из рек неинженерного и инженерного типов:

I — многоголовый водозабор; 1 — саки, 2 — магистральный канал, 3 — суженные ошейники, 4 — сбросной канал; II — сужение карабурами-ошейниками, 1 — карабуры, 2 — зона размыва, III — водозабор с установкой системы направляющих потоков через регуляторы канала Ташсака, 1 — регулятор канала, 2 — система направляющих потоков, 3, 4 — струи поверхностные и донные.

Бесплотинный водозабор в каналы им. В. И. Ленина с расходом воды 100 м³/сек и Кызкеткен с расходом 140 м³/сек в нижнем течении Амударьи в районе теснины Тахнаташ существовал до строительства Тахнаташского гидроузла (рис. 39).

Головной бесплотинный водозабор в Аму-Бухарский машинный канал расположен на правом берегу Амударьи. Подводящее русло к регуляторам проходит непосредственно у подножья возвышенности Юмаланды. Амударья на этом участке неустойчивая и разделяется на рукава, поэтому при отходе русла реки от правого берега водозабор осуществляется через подводящее русло длиной иногда до нескольких километров, подлежащих очистке.

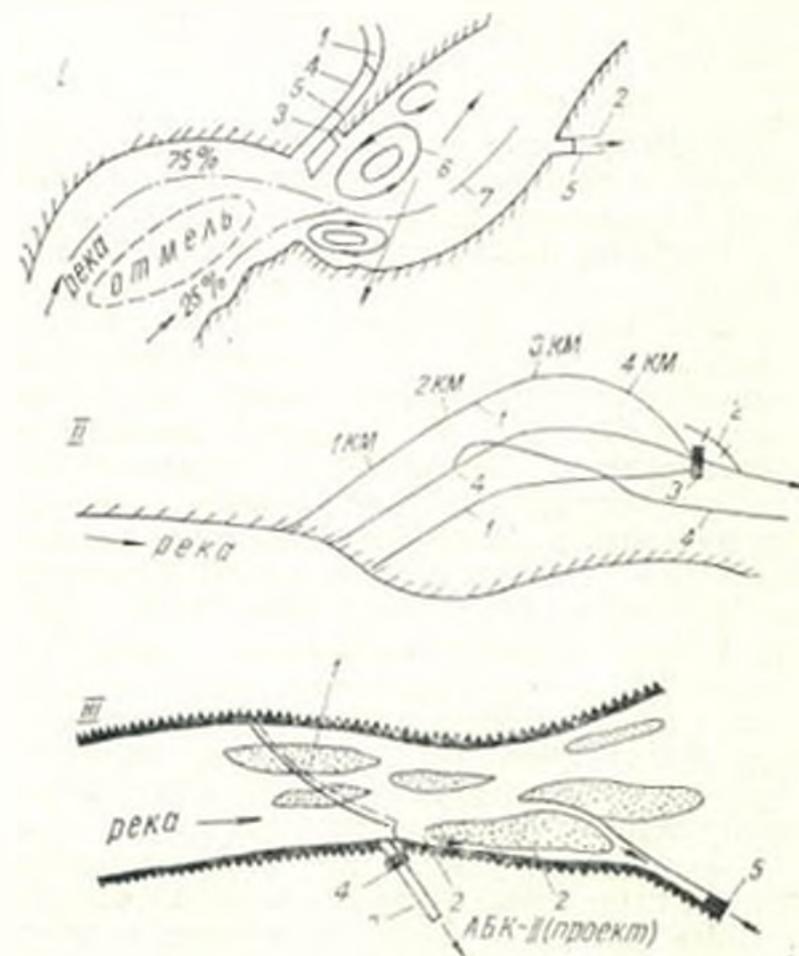
Периодическое перемещение основного русла влево (до 6 км) от регулятора осложняет водозабор. При отходе русла струенаправляющей дамбой перекрываются протоки и межениый расход воды направляется к точке водозабора в Аму-Бухарский машинный канал. Г. И. Прозоров и Т. Д. Абидов предложили криволинейные струенаправляющие дамбы, способствующие минимальному захвату донных наносов в регулятор и удержанию

потока у регулятора. Струенаправляющие дамбы могут быть двухрядными: «глухая» (задняя) и «сквозная» (передняя), выполненная из свай-оболочек, расположенных в один или два ряда и скрепленных между собой. Сквозные дамбы могут свободно пропускать половодье и обеспечить водозабор в межень.

Бесплотинный водозабор из Амударьи в Каршинский магистральный канал расположен на правом берегу у подножья возвышенности Пулизиндан. Головная часть имеет длину 22 км, максимальный забираемый расход воды 250 м³/сек. При отходе речного потока от входной части подводящего канала водозабор осуществляется через прорезь длиной до 7 км, постоянно поддерживаемую земснарядями. Этих мероприятий недостаточно для обеспечения возрастающей потребности в воде на орошение, поэтому потребуются создание перегородивающей реку плотины.

Рис. 39. Схема бесплотинных водозаборов из рек с регуляторами в голове инженерного типа:

I — водозаборные узлы каналов им. Ленина и Кызкеткен; 1 — канал им. Ленина, 2 — канал Кызкеткен, 3 — сброс в реку, 4 — отстойник, 5 — регулятор, 6 — водовороты, 7 — стержень потока; II — водозаборный узел Каракумского канала, 1 — каналы-отстойники, 2 — судоходный плот, 3 — регулятор, 4 — Бассата-Керкинский канал; III — водозаборный узел Аму-Бухарского канала первой и второй очереди; 1 — струенаправляющая дамба из свай-оболочек и местного грунта, 2 — позволяющие русла, 3 — отстойник, 4 — регулятор (проект), 5 — регулятор (существ.).



Водозаборные плотины инженерного типа. Они позволяют регулировать уровень воды и водоподачу ее в каналы, обеспечить свободный пропуск расходов воды, наносов, шуги и мусора в нижний бьеф плотины. Гидрологические условия источников питания, топографическое и геологическое строение створов влияют на компоновку водозаборных плотин. После установления Советской власти были построены многие водозаборные узлы, позволяющие значительно улучшить условия водозабора в каналы, однако опыт эксплуатации этих водозаборных плотин (Рават-Ходжа, Кугарт, Чумыш и др.) показал, что старые, в основном позаимствованные из-за рубежа типы сооружений работают не всегда удовлетворительно, так как при их компоновке не были учтены местные условия.

На расположение основных сооружений гидроузлов существенное влияние оказывают величина водозабора, степень осветления воды, необходимость подачи ее на один или два берега, соблюдение интересов энергетики, судоходства, рыбного хозяйства и шуго-ледовые условия. Большое внимание уделяется борьбе с завлечением в каналы донных наносов, так как реки Средней Азии несут огромное количество наносов. В основе компоновки водозаборных плотин на реках с наносами лежат следующие принципы:

принцип поперечной циркуляции на криволинейном подводном русле при создании у вогнутого берега условий лобового водозабора и бокового сброса донных наносов (рис. 40, I),

принцип послойного водозабора при наличии донных промывных галерей и других специальных сооружений, обеспечивающих водозабор из верхних слоев потока без донных наносов и пропуск их через донные галереи в нижний бьеф (рис. 40, II),

принцип отстаивания и периодической промывки наносов в нижний бьеф из карманов, устраиваемых перед регулятором канала (рис. 40, III).

Типы водозаборных узлов. Реки Средней Азии по длине можно поделить на 3 участка: горный, предгорный, равнинный. Предгорный участок характеризуется тем, что река, насыщенная донными наносами, выходя из ущелья, отлагает их и, образуя конус выноса, растекается по широкой пойме и разбивается на рукава, меняющие положение после прохождения паводков. Берега и ложе реки неустойчивы. Русло сложено в основном булыжником, гравием, галькой и песком. Содержание крупных камней изменяется в пределах 10—30%, уклоны русла от 0,001 до 0,03.

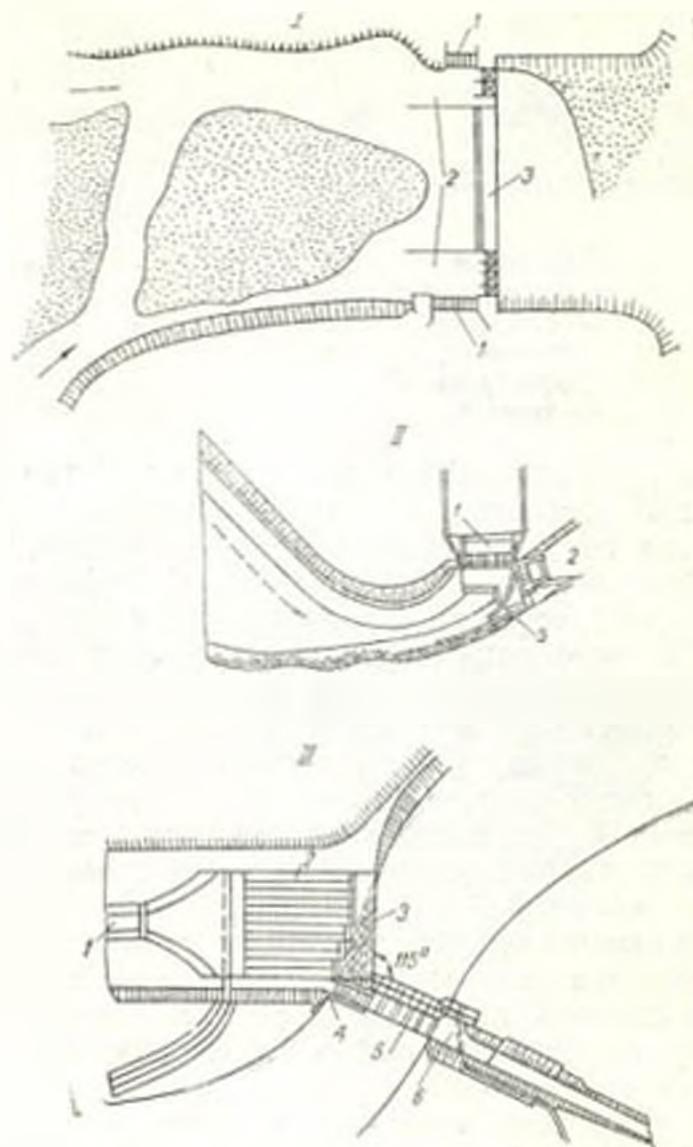


Рис. 40. Основные типы водозаборных узлов:

I — индийский. 1 — водоприемник, 2 — карманы-отстойники, 3 — плотина с отводящим руслом и промывным шлюзом; II — Ферганский. 1 — плотина, 2 — водоприемник, 3 — автоматический водослив (порог); III — волжский. 1 — река, 2 — отстойник, 3, 4, 5 — промывные галереи с затворами, 6 — запорный затвор.

На предгорных участках рек нарастание горизонтов происходит постепенно, паводковый период растянут. Большой забор воды осложняет условия борьбы с донными наносами и предъявляет особые требования к водозаборным узлам.

По методу борьбы с донными наносами водозаборные узлы, построенные в Средней Азии на предгорных участках рек, разделяются на следующих три типа:

Тип водозаборного узла	Метод борьбы с донными наносами	Наносорегулирующие конструкции	Безнаносный водозабор, %
Индийский	Периодический промыв через промывные галереи	Карманы отстойника	15—20
Ферганский	Создание поперечной циркуляции	Криволинейное русло, различ-	50—60 60—70

кулянии по-тока на кри-вом участке русла	ные пороги, на-носоотбойные стенки	90—95
	Закрытые и от-крытые галереи	80—90
	Промывные гале-реи и отстойни-ки	20—30
Послойный с промывными галереями (боковые, фронтальные) бычковый	Лотки, устройе-ные в теле быч-ков и промыв-ные галереи	30—41

К водозаборным узлам индийского типа относится Верхне-Зарафшанский гидроузел им. Первого Мая на р. Зарафшане, построенный в 1930 г. (рис. 41, I). Борьба с наносами осуществлялась путем задержания их в карманах-отстойниках, расположенных перед регуляторами каналов, с периодической промывкой в нижний бьеф плотины. Выбор компоновки основывался на простоте конструкции и осуществлялся без влияния особенностей руслового процесса, протекающего в естественных условиях и после возведения сооружения.

Карманы-отстойники имеют относительно небольшую емкость и при том количестве донных наносов, какое несут реки в предгорной зоне, естественно, полностью не оправдывают свое назначение, требуют больших расходов воды для промывки наносов в нижний бьеф. Верхний бьеф Верхне-Зарафшанского гидроузла имеет избыточную ширину, водозабор не превышает 20% и поэтому такой тип водозабора не получил дальнейшего распространения.

При ферганском типе водозабора для борьбы с донными наносами используется поперечная циркуляция потока на самом сооружении. Борьба с донными наносами на узле осуществляется в криволинейном русле, у вогнутого берега которого расположен водозабор, и благодаря поперечной циркуляции потока почти при всех расходах в регулятор поступает вода, свободная от наносов. Поэтому в ферганском типе водозабора регулятор канала располагается на вогнутом берегу фронтально к направлению поверхностных струй, а сбросные отверстия — фронтально к направлению донных струй, что способствует отводу донных наносов в нижний бьеф (см. рис. 40, I).

Первое водозаборное сооружение ферганского типа — Кампырраватская плотина. Проект ее был составлен под руководством В. В. Пославского. Она построена с использованием народного опыта и научных достижений в области изучения поперечной цирку-

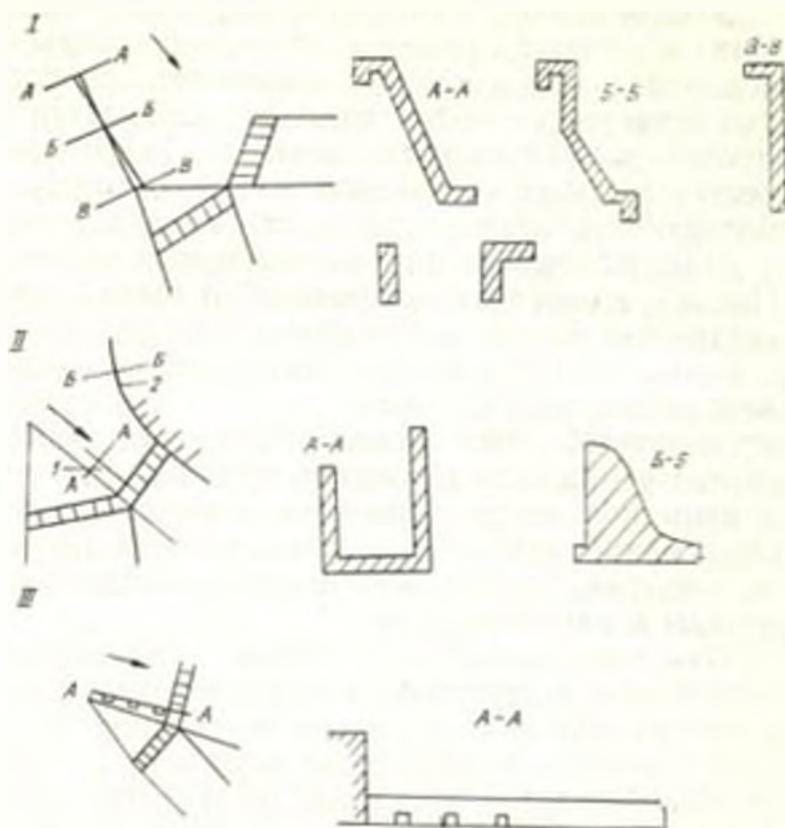


Рис. 41. Схема явнорегулирующих сооружений водозаборных узлов:

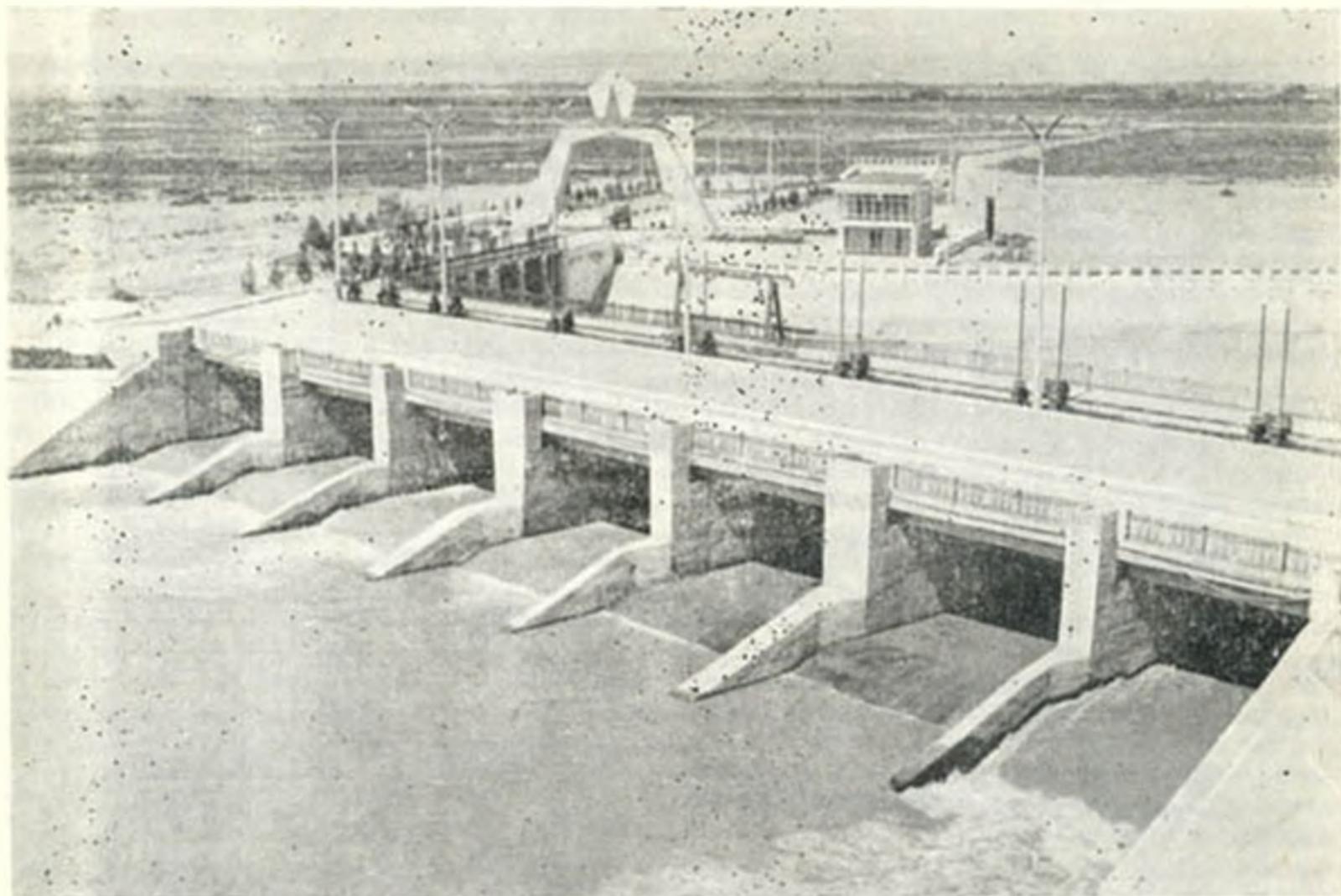
I — наносостойкая стенка и пороги II — открытая промывная галерея I — открытая галерея, 2 — автоматический всасывающий, III — закрытая промывная галерея.

ляции под руководством А. А. Жимского, Б. П. Курбанова и С. В. Пугачева, модельные исследования проводили Я. А. Никитин, М. С. Вызго.

Водозаборные узлы ферганского типа усовершенствовались на гидравлических модельных исследованиях Сары-Курганского гидроузла на Сохе (исследователь М. С. Вызго, проектировщик С. Н. Оболенский), а также других водозаборных сооружений (Я. А. Никитин, А. П. Ушаков, В. Н. Шолохов, П. А. Яхшас и др. (рис. 41, II)).

Водозаборные сооружения ферганского типа рекомендованы для широкого диапазона скоростей воды и уклонов реки. Разработаны и построены гидроузлы ферганского типа для самых различных условий. Опыт эксплуатации этих сооружений показал, что борьба с донными наносами на этих узлах осуществляется успешно. Ясность идеи сооружения, простота конструкции и надежность в эксплуатации обусловили широкое применение ферганского типа водозабора не только на реках Узбекистана (более 15 гидроузлов), но и во всех республиках Средней Азии и Кавказа, а также за пределами Советского Союза.

Из подпертого бьефа Тахнаташского гидроузла в 1975 г. головными регуляторами осу-



Керченский узел на Зарлфшанг.

ществлен водозабор в магистральные каналы им. В. И. Ленина (200 м³/сек) и Кызкеткен (450 м³/сек). При подпорном режиме Тахиташского гидроузла на вогнутых берегах реки возникает поперечная циркуляция, способствующая водозабору с минимальным количеством донных и придонных наносов.

При послонном типе водозабора для борьбы с донными наносами используется послонное деление потока по глубине. Такие гидроузлы Тешикташский на Карадарье, Кызыл-Ординский и Казалинский на Сырдарье (рис. 41, III). Борьба с наносами в этих гидроузлах осуществляется путем забора верхних слоев воды из реки и сброса нижних, насыщенных донными наносами, через промывные галереи в нижний бьеф. Фронт регулятора и промывные галереи располагаются в линию с осью плотины поперек реки. При неблагоприятном подходе донных наносов к промывным галереям транзит через них может быть неравномерным. На Учкурганской ГЭС для регулирования на сбросных галереях установлены затворы.

Водозаборные сооружения послонного типа могут быть рекомендованы для условий устойчивого сравнительно узкого русла при равномерном подходе потока к сооружению и при больших сбросных расходах воды (водозабор не более 20—30% стока). Последнее обеспечивается устройством прямолинейного подводящего и отводящего русла.

Равномерный подход потока и наносов к гидроузлу позволяет манипуляцией затворами отверстий организовать необходимый безнаосный водозабор. Поток входит в отверстие водозабора фронтально без отжимов и образования мертвых зон с минимальными потерями напора.

На Тешикташском гидроузле водозабор осуществляется из верхних слоев потока через отверстия, устроенные в стенках бычков и устоев плотины, а сброс нижних слоев потока, насыщенных донными наносами, производится через промывные галереи, заложенные в пороге плотины. Величина водозаборного отверстия определяется положением и колебанием уровня воды в верхнем бьефе и сохранением

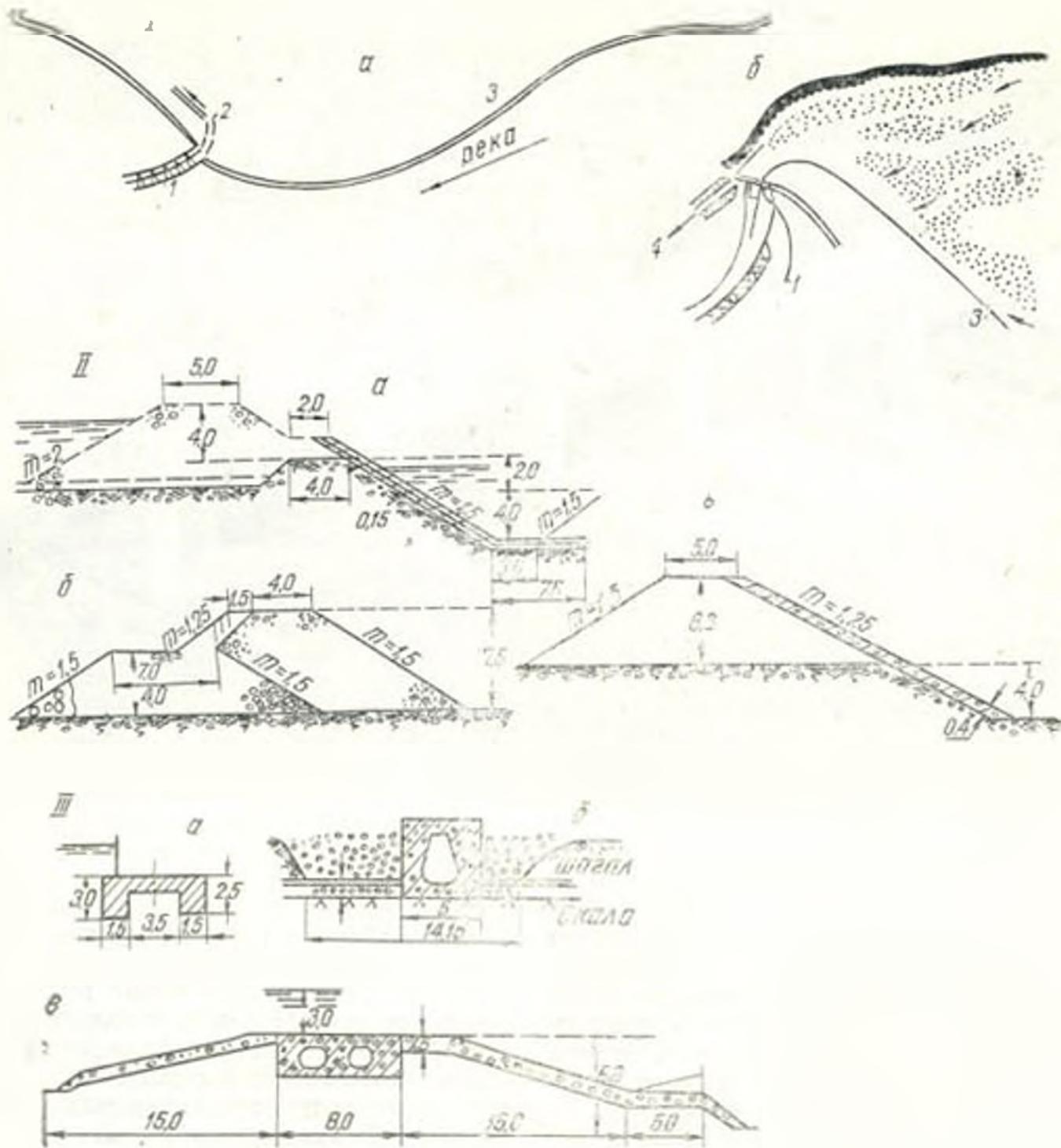


Рис. 42. Схемы некоторых элементов водозаборных узлов

1 — струенуправляющие дамбы водозаборных узлов. а — на Сарыкурганской плотине, б — на Кампырватской; 2 — плотина; 3 — диаметр в канале, 4 — струенуправляющая дамба, 5 — водовыпуск; II — разрез струенуправляющих дамб, а — Первомайский водозаборный узел, б — Кампырватский, в — Сарыкурганский; III — флюжеты водозаборных плит, а — Первомайский, б — Кампырватский, в — Сарыкурганский

параллельно-струйной структуры потока в пролетах плотины.

При значительном водозаборе обычно увеличивают число бычков или поднимают уровень воды перед плотинной, что нежелательно из-за нарушения режима реки и забрасывания верхнего бьефа наносами.

Некоторые элементы водозаборных узлов. Для усовершенствования ферганской схемы с целью повышения безнасосного водозабора в компоновку вводили (А. П. Ушаков, Я. А. Ни-

китин, В. Н. Шолохов, И. А. Якштас, Э. И. Рядова, И. И. Классен, Р. В. Тмирова) дополнительные элементы: наносоотбойная стенка, пороги, промывная галерея. Несколько усложненная конструкция гидроузла, они значительно повышают его эксплуатационные показатели, коэффициент безнасосного водозабора доходит до 0,97 (рис. 42).

Струенуправляющие дамбы служат для обеспечения устойчивого русла при подходе потока, а также сохранности берегов, что об-

легчает борьбу с донными наносами. Автоматический водослив служит для сброса катастрофических и ливневых расходов воды. Пороги в виде криволинейной стенки, улучшающие забор воды без наносов, устроены на Сары-Курганском, Кампырраватском, Верхне-Чирчикском, Навоийском гидроузлах. Струенаправляющие дамбы сооружаются из местного грунта с облицовкой откоса, подверженного действию текущей воды, армированными плитами.

Донный порог на входе в карман-отстойник перед головными регуляторами (Первомайская плотина) направляет наносы к боковым сбросным пролетам с пониженной отметкой порога. Струенаправляющие дамбы служат для направления потока на подходе к гидроузлу и транзита воды от сооружения.

При водозаборе промывные галереи могут быть расположены под входным порогом регулятора, в этом случае сброс наносов в нижний бьеф ведется через галереи в обход плотины (или в одну большую галерею). Порог водоприемника на Газалкентском узле снабжен 6 донными промывными галереями для захвата донных наносов перед отстойниками и транспортировки их в нижний бьеф. Однако донные галереи при боковом водозаборе работают неравномерно. Наиболее эффективны верховые по течению, при обильных наносах они оказываются перегруженными. Низовые, менее эффективные, сбрасывают мало наносов (рис. 43).

Водобойная часть. Конструкция водобоя плотины должна обеспечить полное гашение избыточной энергии и защиту поверхности от износа. При обильных крупных наносах наиболее рациональна конструкция водобоя с коротким полом и заглубленным низовым зубом. Глубина заложения низового зуба устанавливается расчетом размыва за зубом. Профиль водобойной части должен обеспечивать безотрывное протекание потока. При прохождении крупных донных наносов и напорах перед плотинкой до 6 м уклон водоската должен быть менее 1:3, а длина концевой горизонтальной части по возможности короткой. Подобные конструкции осуществлены на плотинах Кампыррават на Карадарье (1940 г.), Газалкент на Чирчике (1940 г.), на ангренском подводе воды к ТЭЦ (1958 г.) и др.

Конструкция гасильных устройств в нижнем бьефе плотины на реках, насыщенных крупными наносами, должна быть более простой обтекаемой формы, хорошо защищенной от истирания.

Истирание бетонных частей. Пол и бычки плотины защищаются от износа крупными на-

носами путем облицовки камнем (базальт, гранит, дерево, чугун, сталь) или также выполнением их из прочного износостойчивого бетона.

На Тешикташской плотине регуляторы каналов Пахтаабад и Улунгур совмещены с крайними пролетами плотины, порог регуляторов приподнят на 1,1 м над отметкой порога плотины, а под порогом регуляторов устроены по три донных галереи сечением 5×0,8 м, через которые производится промывка донных наносов. Дно и стенки галерей облицованы стальными плитами толщиной 16 мм.

В практике эксплуатации наблюдались случаи истирания бетонных и стальных облицовок. Например, после 12 лет эксплуатации Кампырраватской плотины на местах завихрений потока с наносами чугунная облицовка и бетон оказались протертыми на глубину более 1 м. На Первомайской плотине облицовки из тесаного гранита частично за 33 года разрушились.

Облицовочный материал для защиты подбирается не только в зависимости от величины стока и крупности донных наносов, но и с учетом вида механического воздействия наносов на поверхность флютбета. В условиях сбойного течения и интенсивности влекомых наносов возможны повреждения не только флютбета, но и стенок бычков, устоев. В связи с этим необходимо распространять защитную облицовку на нижнюю часть вертикальных элементов на высоту 0,5—1,0 м.

Контрольно-измерительная аппаратура. Для успешной эксплуатации водозаборных узлов сооружения оборудуются плановыми и высотными знаками и другими устройствами для ведения наблюдений за состоянием сооружения, своевременного обнаружения возможных повреждений, а также учета протекающей воды.

Наблюдения за осадками сооружений, деформациями русла, фильтрацией ведутся с помощью реперов, мерок и пьезометров, заложенных в период строительства. Для фиксации уровней и учета расходов воды строятся водомерные посты на реке и на каждом отводе.

Если по условиям работы узла требуются систематические наблюдения за деформациями русла, то подводящие и отводящие русла оборудуются закрепленными наблюдательными створами. Напряженное состояние бетонных элементов, пульсационные нагрузки измеряются с помощью пьезометров, динамометров. На каждом большом сооружении должен быть пульт наблюдения по заложенным приборам.

Лабораторные исследования. Разработка новых конструкций сооружений, изучение деформаций русл у гидроузлов и в бытовых условиях, завлечение наносов в водоприемники, а также другие гидравлические задачи решаются в лабораторных условиях на моделях.

Все важные объекты на стадии проектирования стали подвергаться предварительной лабораторной проверке на моделях. В процессе модельных исследований в проекты вносились необходимые изменения, направленные на их удешевление и улучшение.

Модельные исследования гидроузлов и сооружений являются лабораторным проектированием, с помощью которого либо корректируется проект, либо результаты исследований являются основой проекта. Такие исследования крайне необходимы для выбора наиболее рациональной компоновки и конструкции сооружений, выявления оптимальных условий эксплуатации, поэтому проекты гидроузлов имеют лабораторное обоснование.

На основании гидравлических модельных исследований внесены улучшения в конструкции плотины им. Первого Мая на Зарафшане и Термезского канала на Сурхандарье, а также многочисленных сооружений на оросительной сети, кроме того, уточнены методы берегоукрепительных и защитных работ в условиях зимней эксплуатации водных ирригационных и энергетических трактов.

В период строительства для Большого Ферганского канала им. У. Юсупова, Южного Ферганского канала, Ташсакинского магистрального канала в Хорезме, Ташкентского канала, Каттакурганского водохранилища, Большого Чуйского канала и других объектов выполнен ряд исследований, позволивших избежать многих ошибок.

В годы Великой Отечественной войны выполнялись исследования для Фархадского, Кызыл-Ординского и Сарыкурганского водозаборных узлов, головного регулятора канала им. Ахунбабаева. В процессе исследований совершенствовалась методика лабораторных и полевых работ.

Результаты исследований обобщены в монографии С. Т. Алтунина «Защита берегов от размыва» (1939 г.), «Практическом руководстве по берегозащитным и выправительным работам при водозаборе» (1942 г.), а также М. С. Вызго «Размывы за гидротехническими сооружениями и меры борьбы с ними» (1969 г.), В. П. Захаровым, А. П. Ушаковым, А. С. Вавиловым «Зимняя эксплуатация гидротехнических сооружений» (1951 г.), С 1957 по 1964 г. А. П. Ушаков и Н. Ф. Цветкова, И. И. Горошков исследовали отстойники

и составили «Технические указания и нормы на проектирование ирригационных отстойников». Научно-методический и теоретический характер носит работа А. Н. Гостунского о транспортирующей способности потока и расчете ирригационных отстойников, на ее основе проектировались и строились почти все отстойники в Средней Азии. Теория М. С. Вызго по местному размыву бурным и спокойным потоками и предложенные им конструкции гребенчатого трамплина нашли широкое применение в практике гидравлического строительства, как и предложенные И. А. Якштасом меры защиты от крупных наносов при водозаборе. З. Х. Хусанходжаев, Л. А. Машкович, М. Б. Селеметов, З. И. Рядовая, Р. В. Тимирова исследовали (1954—1966 гг.) и конструировали сопрягающие сооружения на оросительной сети, А. П. Ушаков, Н. И. Суrowая, В. Шолохов, К. Б. Дадабаев и др. — изучали схемы компоновки последовательного водозабора у Тахнаташского гидроузла с использованием бесплотных головных регуляторов канала им. В. И. Ленина и Кызкеткен.

Подвергались лабораторным исследованиям такие узлы, как Кампырраватский, Куйганъярский, Первомайский, Сарыкурганский, Кызыл-Ординский, Казалинский, Чирчикский (1955 г.), Зарафшанский (1956 г.), Ангренинский (1967 г.), Куйлюкский (1957—1959 гг.), Арысь-Туркестанский (1958 г.), Исфаринский (1958 г.), Чекмаш-Шамалекский (1958 г.), Кугартский (1959), Навонийский (1960 г.), Тахнаташский и многие другие, а также бесплотные водозаборы в Аму-Бухарский, Каршинский каналы.

Результаты многолетних теоретических, лабораторных и полевых исследований водозаборных узлов обобщены В. И. Ушаковым, И. А. Якштасом («Низконапорные водозаборные гидроузлы ферганского типа»), А. А. Жимским («Водозаборные плотины на реках Средней Азии») и С. Т. Алтуниным («Регулирование русел рек при водозаборе»), А. М. Мухамедовым («Эксплуатация низконапорных гидроузлов на реках, транспортирующих наносы»).

По результатам лабораторных и натурных исследований С. Т. Алтунина, И. Я. Орлова, Р. Абдураупова, В. А. Скрыльникова, Р. В. Тимировой разработана методика моделирования русловых процессов и компоновки водозаборных узлов. В качестве наносов в лабораторных условиях применяются песок, паровозная изгарь, кальцинированные опилки и др. Все это позволило успешно решить вопросы компоновки водозаборных узлов и других сооружений на различных участках рек Средней Азии.

Таблица водозаборных сооружений на реках

№ п/п	Водозаборное сооружение	Схема сооружений	Год окончания строительства	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы каналов (ороги регуляторов)		Зарегулированное подводящее русло	Струеноснаправляющие дамбы		Другие сооружения (гидроузлы)	Грунт основания
					штукатурная	автоматический водослив	напорное отверстие	расход отверстия		расход отверстия	расход отверстия		
13	Плотина им. 1-го Мая на р. Зарифшан $Q=1350$ м ³ /сек $l_p=0.0043$		1929 Автоматическая водосливная плотина 1965 (реконструкция)	I	4,45 13x8	140	150 7x3,7	82 8x3,7		650	Трапециевидная 232; левая 150 Монолитный бетон и плиты по откосу	Водоудерживающая дамба с экраном	Галечник
14	Кампирзаватская плотина на р. Карадарье $Q=1400$ м ³ /сек $l_p=0.0045$		1939	II	3,80 8x15		230; (15) 10x5 Криволинейная стенка		800	250; 800; 80; 260 Криволинейное Камень Камень	Автомост	Галечник, скала	
15	Куйганьярская плотина на р. Карадарье $Q=1200$ м ³ /сек $l_p=0.004$		1939 1954 (реконструкция)	II	1,6 11x10	2x9	135 4x3,5 Криволинейный порог и порог со шелью						Галечник, скала

Таблица водозаборных сооружений на реках

№	Водозаборное сооружение	Схема сооружений	Год окончания строительства	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы		Зарегулированное падение русла	Струенная дамбы		Время сооружения	Грунты осадки	
					ширина	высота	каналов	Пороги регуляторов		длина	высота			
16	Гала-ченская плотина на р. Чирчик	<p>Плотина Отстойник Поп. разрез Продольный разрез Генплан Плотина Отстойник р. Чирчик</p>	1940	II	30	5x14	130	12x7 65	Промышленные каналы	800,0	Камень	Грузы на дамбах 200 м отстойник шести-лапчатый да 130 м	Слабая галечная	
17	Сарыаурский гидроузел на р. Сох	<p>Регулятор сброса Регулятор правобереж. канала Регулятор левобереж. канала План узла Регулятор сброса Генплан</p>	1947	II	2,8	6x5	40, 130	5x5	Габриельный пологий	350	Камень	Авто-мост	Галечная	
18	Дамбозинская гидроузел на р. Зарфшар	<p>Плотина Регуляторы План узла Плотина Генплан</p>	1954	II	4,2	6x7	13, 60	154	2x3,8; 4x3,8	Габриельный пологий	350	Криволинейные Бетон Бетон	Авто-мост	Галечная

Таблица водозаборных сооружений на реках

№ п/п	Водозаборное сооружение	Схема сооружений	Год освоенности	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы		Зарегулированное русло	Структурные элементы		Другие сооружения	Формы организации
					длина м	высота м	тип	расход воды м³/сек		тип	высота м		
19	Кочкарский гидроузел на р.Сарыарқа ҚазССР Q=354 м³/сек. пр=0,01	<p>Регулятор сброса</p> <p>Правый регулятор</p> <p>План узла</p> <p>Генплан</p>	1965	II	2	3x5	30	90	200	5600, 300	10 400	Авто-мост	Гидроузел
20	Вала-Ордынский плотина на р.Сырдарья КазССР Q=2180 м³/сек. пр=0,00006	<p>Плотина</p> <p>Регулятор</p> <p>План узла</p> <p>Регуляторы</p>	1957	III	4	5x5	70	90	300	1200, 1300	30 000	Авто-мост, бетонная стена, плеск воды	Резервуар
21	Назавкинский плотина на р.Сырдарья КазССР Q=810 м³/сек. пр=0,00014	<p>Плотина и рыбоход</p> <p>Водоприемник</p> <p>Регулятор</p> <p>План узла</p> <p>Регулятор</p> <p>Генплан р.Сырдарья</p>	1961	III	4	5x5	70	85	300	1240, 1482	56 000	Авто-мост	Гидроузел

Таблица водозаборных сооружений на реках

№ п/п	Водозаборное сооружение	Схема сооружений	Год окончания строительства	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы		Зарегулированное подводящее русло	Струенная разводящая дамба		Другие сооружения гидроузла	Грунтооснования
					ширина	длина	Пороги регуляторов	Пороги регуляторов		верхнего бьефа	нижнего бьефа		
22	Тешинская плотина № 9 Карадары Q=1430 м ³ /сек lр=0,0043	<p>Плотина и регуляторы</p>	1960	II	45	10	45	46	200	2000	75	Автомост	Колончатый, галечник
23	Исхлупатский гидроузел на р. Аракс Азерб. ССР (вариант) Q=2500 м ³ /сек lр=0,0013	<p>Водоприемник</p>	1957; 1958	II	5	15		114	600	1325-1810		Автолесты 9-ти этажный 1р 120 м	Галечник
34	А. К. Ибрагимовский гидроузел на р. Зарафшан Q=715 м ³ /сек lр=0,004	<p>Сброс</p>	1973	II	40	10		70-36	420	390-414	~80	Автомост	Галечник

Таблица водозаборных сооружений на реках

№	Водо- заборное сооружение	Схема сооружений	Год осво- е- ния стро- итель- ства	Тип соору- жения	Плотина		Регуляторы ка- налов		Заре- гуляро- ванное подво- ешее русло	Струенно- разливные дамбы		Другие соору- жения гидро- узла	Грун- тосна- чала
					длина м	высота м	расстояние от плотины м	расстояние от плотины м		длина м	высота м		
25	Учмурганский гидроузел на р. Нарын	<p>Плотина</p> <p>Левобережный регулятор</p> <p>Правобережный регулятор</p> <p>ГЭС</p> <p>Дамбы</p> <p>План</p> <p>Разрез</p>	1986	I	310 12=10	—	350 8=25	110 8=4	—	Правый берег 1520 Бетон облицовка	Правый берег 4900 Бетон облицовка	Авто- мост	Сонг- доме- рат, Гавец- нак
26	Ташкентский гидроузел на р. Амударья	<p>Плотина</p> <p>Дамбы №1</p> <p>Дамбы №2</p> <p>ГЭС</p> <p>Дамбы</p> <p>План</p> <p>Разрез</p>	строитель- ства	II	5,2 25=10	—	330 200 4=10; 3=10	510 15=3 (суме- старе- ющий ре- гулятор)	5000 проем- ная ноя	левый 5100 Правый 3750 м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	левый 2000 Правый 140 м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	Судо- ход- ный канал м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	Песча- ны на га- вее- ном рас- сто- янии от плотины судо- ход- ный канал слан- об- ложка ка- менная
27	Ташкентский гидроузел на р. Амударья (вариант)	<p>Плотина</p> <p>Дамбы</p> <p>ГЭС</p> <p>Дамбы</p> <p>План</p> <p>Разрез</p>	строитель- ства	II	8,2 25=10	—	330 200 4=10; 3=10	510 15=3	4500 проем- ная ноя	левый 3250 Правый 3750 м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	левый 2000 Правый 140 м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	Судо- ход- ный канал м/б плоты слан- об- ложка ка- менная	Песча- ны на га- вее- ном рас- сто- янии от плотины судо- ход- ный канал слан- об- ложка ка- менная

Таблица водозаборных сооружений на реках

№ п/п	Имя водозаборного сооружения	Схема сооружений	Год освоения канала	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы напоров		Зарегулированное падение русла	Струенная дамба		Вид сооружения гидроузла	Грунт основания	
					ширина	высота	Пороги регуляторов	расход отверстий		левый режым	правый режым			длина очереди на л/п
28	Шерабадский гидроузел на р. Шерабад		1960	II	4	44,5	25 3x2	5 1x2	Открытый порог галереи	Прямое линейное	Бетон	Бетон	Автомост	Галечник
29	Гидроузел на левобережном Карсу		1962	III	46	3x5	10 1x5	23 2x5	Геобразный порог	Прямое линейное	Бетон	Бетон	Автомост	Колчугачный галечник
30	Гидроузел на р. Гузарбарча		1965	II	2,9	4x60	23 1x6	50	Геобразный порог	Прямое линейное	Бетон	Бетон	Автомост	Галечник

Таблица водозаборных сооружений на реках

№	Водозаборное сооружение	Схема сооружений	Год постройки	Тип сооружения	Плотина		Регуляторы		Зарегулирование	Струенная		Другие сооружения	Грунт
					ширина, м	высота, м	Порог	расход, м³/сек		расход, м³/сек	длина, м		
31	Каршинский гидроузел на р. Кашкадарья		1965	II	4	5x6	44	36	170	400	200	Автомат	Суглинок
32	Гидроузел на р. Сайзар		1970	II ⁰	3.87	400	30	—	120	300	—	Галечник	
33	Шафурдский гидроузел на р. Зарфишан		1966	II ^С	3.0	6x8	128	250	500	160	Автомат	Суглинок	

Таблица водозаборных сооружений на реках

№ п/п	Водо-зборное сооружение	Схема сооружений	Тип сооружения	Глубина застройки	Плотина		Регуляторы		Зарегулированное водохранилище	Суммарная длина дамбы		Тип сооружения	Угол наклона
					длина	высота	расстояние между	расстояние между		длина	длина		
37	Гидроузел на р. Волга Q=330 м³/сек	<p>Плотина</p> <p>Регулятор</p> <p>Генплан</p>	Строившаяся	II ¹	45 198 1x3	220 75	20,9 7x2,5	Открытый поро-галерея	100	250	100	Авто-мост	7 д.м.м.
38	Канальная гидроузел на р. Зарафшан Q=550 м³/сек	<p>Регулятор правобережного канала</p> <p>Прямое отверстие регулятора сброса</p> <p>Генплан</p> <p>Плотина</p>	Строившаяся	II ²	3,5 144 1x4	200 85	47 43,5 3x 3x 2,5	Открытый поро-галерея	140	280	120	Авто-мост	Галечная
39	Гидроузел на р. Кумбарья Q=250 м³/сек	<p>Плотина</p> <p>Регулятор</p> <p>Генплан</p> <p>Регулятор</p> <p>р. Кумбарья</p> <p>Плотина</p>	Проектируемая	III ²	45 143 1x3	140 85	40 7x2,5	Открытый поро-галерея	90	180	—	Авто-мост	Песчаный

Существенное значение для поддержания водозаборных узлов в рабочем состоянии и соответствия их назначению имеют правильная эксплуатация, постоянный надзор и наблюдения за поведением отдельных элементов. Для крупных узлов разрабатывается специальное руководство по эксплуатации, помимо эксплуатационных служб Минводхоза УзССР и Главирсовхозстроя, ведутся постоянный контроль и наблюдения со стороны проектных и научно-исследовательских организаций (Сред-азгипроводхлопок, САНИИРИ, САО ГИДЭП и др.).

Анализ и обобщение данных наблюдений помогают определить недостатки построенных

узлов и на основе результатов исследований разрабатывать более совершенные конструкции.

Проектирование водозаборных узлов ведется в трех проектных организациях — Сред-азгипроводхлопке, Узгипроводхозе, Сред-азгидропроекте, а лабораторные исследования и моделирование — в основном в САНИИРИ.

Особо важное значение приобретает борьба с наносами при компоновке водозаборных узлов на Амударье, где предстоит строительство ряда крупных узлов (Кызылякского, Чарджоуского, Парлатау и др.). Необходимо также иметь постоянный контакт с союзными проектными организациями.

Разрушительные землетрясения — грозное явление природы. История человечества хранит память о сейсмических катастрофах, приводивших к многочисленным жертвам и огромному материальному ущербу.

Средняя Азия и Южный Казахстан характеризуются наибольшей сейсмичностью в пределах материковой части СССР. На этой территории в нашем столетии произошло большое количество землетрясений различной интенсивности, в том числе более 35 разрушительных — силой 8 баллов и более (по 12-балльной шкале), в частности Андijanское 1902 г. (9), Каратагское 1907 г. (9), Кебинское 1911 г. (10—11), Наманганское 1927 г. (8), Кемино-Чуйское 1938 г. (8—9), Гармское 1941 г. (9), Файзабадское 1943 г. (8—9), Чаткальское 1946 г. (9—10), Ашхабадское 1948 г. (9—10), Ташкентское 1966 г. (8), Кызылкумские 1976 г. (8—9) и др.

На обширной территории региона, подверженного сейсмическим воздействиям силой от 6 до 9 баллов, проживают десятки миллионов человек, размещаются сотни населенных пунктов, в том числе 5 столиц союзных республик: Ташкент (8 баллов), Алма-Ата (9), Фрунзе (9), Душанбе (9) и Ашхабад (9), тысячи промышленных комплексов и предприятий, десятки водохранилищных гидроузлов и множество других объектов (табл. 25).

В связи с интенсивным развитием промышленности и сельскохозяйственным освоением больших массивов новых земель развертывается гидроэнергетическое и водохозяйственное строительство, поэтому вопросы сейсмостойкости сооружений для рассматриваемого региона, в том числе для Узбекской ССР, всегда имеют актуальное значение, а при непрерывном совершенствовании конструкций и методов возведения сооружений, внедрении новых видов стройматериалов становятся предметом специальных и углубленных исследований. По-

лучила значительное развитие, в частности, инженерная сейсмология, задачей которой является изучение сейсмических явлений для ведения сейсмостойкого строительства.

При проектировании сооружений для сейсмических регионов необходимо уметь предсказать, каким наибольшим колебаниям может подвергнуться возводимое сооружение за время его эксплуатации, т. е. прогнозировать сейсмическое воздействие на сооружения. Этот основной вопрос инженерной сейсмологии решается по следующей схеме:

определяется общая сейсмическая опасность района; создается и уточняется карта сейсмического районирования всей территории СССР; интенсивность землетрясений на этой карте устанавливается по действующей сейсмической шкале;

оценивается влияние различных грунтовых условий на интенсивность сейсмических колебаний на поверхности земли для внесения поправок, уменьшающих или увеличивающих исходную сейсмичность, определяемую картой районирования СССР, т. е. проводится сейсмическое микрорайонирование участков и зон строительства;

на основе уточненного балла анализируется сопротивляемость сооружений сейсмическим воздействиям, т. е. предпринимается оценка сейсмостойкости сооружений.

Рассмотрим способы оценки сейсмостойкости гидротехнических сооружений, однако прежде целесообразно указать на основные моменты сейсмического районирования и микрорайонирования.

Сейсмическое районирование делится на две стадии. На первой прогнозируется зона возникновения землетрясений различной силы в толще земной коры путем привлечения таких сейсмологических данных, как карты эпицентров, глубины очагов, графики повторяемости, схемы сейсмической активности и другие, а также геологических данных, характеризую-

Таблица 25

Данные по сейсмически активным зонам
Средней Азии и Южного Казахстана*

Республика	Площадь, тыс. км ²	Население, млн. чел.	Населен- ные пунк- ты	Городов, шт.
Узбекская	221	6,2	190	29
Казахская	324	5,7	276	9
Киргизская	231	1,8	147	10
Таджикская	177	1,9	115	14
Туркменская	290	1,5	91	8
Итого	1243	17,1	819	70

* Сейсмическое районирование СССР. М., Наука, 1968.

ших структурные особенности района, историю его тектонического развития и особенно новейшие движения. Кроме того, используются исторические инженерно-сейсмометрические данные о старых землетрясениях. Этим прогнозам способствуют эмпирически устанавливаемые зависимости между силой землетрясения в очаге (магнитудой), глубиной залегания гипоцентра и интенсивностью колебаний почвы в эпицентре (баллом).

На второй стадии выявляется различие в интенсивности сотрясений на поверхности земли. Выделение сейсмоопасных зон основывается на сведениях о распределении очагов землетрясений, сейсмическом режиме и геотектонических особенностях района. Зоны с одинаковой сейсмической опасностью оконтуриваются изосейстами, на карте сейсморайонирования выделяются районы, в условиях средних грунтов которых могут быть сотрясения на поверхности земли, соответствующие 6, 7, 8 или 9 баллам.

Сейсморайонирование территории СССР ведется по районам или зонам. Работы по сейсморайонированию Средней Азии выполнялись сейсмологическими и геологическими институтами по зонам в каждой республике. В Узбекистане они выполнены Институтом сейсмологии и Институтом геологии и геофизики им. Х. М. Абдуллаева АН УзССР. Общая координация и уточнение ведется Институтом физики Земли АН СССР.

Разнообразие местных грунтовых условий может существенно влиять на интенсивность сейсмических колебаний некоторых участков, нередко приводя к изменениям исходной балльности, определяемой по карте районирования, на несколько единиц в ту или иную сторону в пределах зоны.

Главные факторы, влияющие на изменение величины сейсмической балльности, — состав (тип) и обводненность грунтов. Установление общего приращения балльности для основных категорий грунтов путем сопоставления их уровней колебаний относительно колебаний некоторых грунтов, принимаемых за эталон, используется как один из основных методов сейсмического микрорайонирования. Однако приближенный характер этого метода привел к разработке так называемых инструментальных методов — сейсмометрического и акустического.

Следует отметить, что они также не дают исчерпывающего решения вопросов микросейсморайонирования. Поэтому, как правило, прибегают к комплексным исследованиям, дающим достаточно полные и надежные результаты.

Успешно проводит работы в этой области Институт сейсмологии АН УзССР, который уже дважды выполнил микрорайонирование территории столицы республики — г. Ташкента, завершил аналогичные работы на стройплощадках ряда гидроузлов республики и ведет необходимые научные изыскания по микрорайонированию территории крупных городов Узбекской ССР, подверженных землетрясениям. Большое народнохозяйственное значение этих работ очевидно.

Рассмотрим вопросы сопротивляемости сооружений сейсмическим воздействиям. Существует три основных источника, из которых черпаются сведения о сейсмостойкости сооружений: обследования воздействий землетрясений на сооружения, теоретические исследования и, наконец, эксперименты.

Обследования последствий землетрясений. В мировой практике гидротехнического строительства накоплено достаточно фактических данных о поведении различных сооружений во время землетрясений. За примерно столетний период — с 1875 г., когда была разрушена от землетрясения плотина Сан Андреас (США) высотой 28,5 м — в различных районах земного шара сейсмическим воздействиям интенсивностью от 6 до 10 баллов подверглись около 500 гидросооружений разнообразных типов, конструкций и размеров, среди них около 400 — сооружения из грунтовых материалов, высота которых колеблется в пределах 4÷170 м, и около 100 — сооружения из бетона и других материалов высотой 6÷265 м.

По данным обследований, среди грунтовых сооружений оказалось 10% полностью разрушенных (насыпи, дамбы и плотины), 40% поврежденных и 50% без повреждений; среди сооружений прочих типов, прежде всего бетон-

ных, поврежденных в различной степени, насчитывалось 15%, причем полностью разрушенных объектов не имелось.

Рассмотрение обобщенных данных показывает, что абсолютная и относительная сейсмическая повреждаемость гидросооружений из грунтовых материалов оказалась выше, чем у гидросооружений из других материалов, в первую очередь бетона. Это объясняется следующими причинами.

Известно, что в мировой практике гидросооружения, особенно сооружения массового строительства — ирригационно-обводнительные каналы, возводились преимущественно из местных грунтовых материалов, достоинства и недостатки которых общеизвестны. Кроме того, большинство этих сооружений, по которым накоплено много данных о состоянии их при землетрясении, — объекты старой постройки, когда о принципах сейсмостойкого строительства не имелось практического представления и применялись примитивные антисейсмические мероприятия. Итак, грунтовые гидросооружения по количеству значительно превосходили другие типы сооружений, а их несущая способность нередко была недостаточной, так как сейсмические воздействия не учитывались. Это и явилось одной из главных причин преобладания на них сейсмических повреждений.

Внедрение в практику гидротехнического строительства бетонных сооружений, как известно, началось с конца минувшего столетия и достигло значительных масштабов лишь за последние десятилетия. Повсеместное внедрение армирования бетона в гидростроительстве привело к заметному повышению динамической прочности этого конструктивного материала на воздействия основных и дополнительных нагрузок и, как следствие, снизило его сейсмическую повреждаемость.

Отечественная практика гидротехнического строительства располагает весьма незначительными данными о последствиях сейсмических воздействий на гидротехнические сооружения. Малочисленность этих данных объясняется следующими обстоятельствами. Сейсмически активные зоны СССР, располагающиеся преимущественно в южных и восточных районах страны, занимают обширные пространства, а гидросооружений здесь сравнительно мало, крупные гидроузлы до начала 50-х годов не считались единицами. Поэтому вероятность подвергнуться сейсмическим воздействиям, особенно значительной силы, для них очень мала, о чем свидетельствуют последствия землетрясений. В то же время ряд гидросооружений современной постройки, т. е. возведенных с учетом требований сейсмостойкого строитель-

ства, хотя и подверглись воздействиям землетрясений достаточной силы, однако перенесли их без повреждений или без существенных сейсмических деформаций. Тем не менее интересно рассмотреть случаи сейсмических воздействий на отечественные гидросооружения, заслуживающие внимания.

При Байсунском землетрясении 5 июля 1935 г., интенсивность которого в эпицентральной зоне оценивалась в 8 баллов, Талышканский и Таджикульские оросительные грунтовые каналы в Шерабадском районе Узбекской ССР получили значительные повреждения, вплоть до разрушений на многих участках. Эти небольшие в поперечном разрезе, но протяженные сооружения были возведены в недостаточно благоприятных грунтовых условиях без учета антисейсмических мероприятий.

Бозеуйская земляная плотина в Ташкентской области высотой 27 м при Чаткальском землетрясении 2 ноября 1946 г. с интенсивностью колебаний грунта до 0,07 g, где g — ускорение силы тяжести, получила следующие сейсмические деформации: гребень плотины осел примерно на 3 см, в результате разуплотнения верхней зоны сооружения образовался ряд продольных трещин, ширина которых доходила до 7,5 см.

В процессе строительства первой очереди Касансайской (Урто-Такойской) плотины в Киргизской ССР 2 ноября 1946 г. произошло сильное землетрясение, интенсивность которого в зоне строительства оценивается ускорениями до 0,05 g. Каменно-набросная плотина с бетонным экраном на скалистом основании была возведена к этому времени на высоту около 30 м и в результате сейсмических воздействий не претерпела практически никаких деформаций. Эта плотина, имеющая ныне высоту 59 м, за период эксплуатации перенесла без повреждений 12 землетрясений силой 5—6 баллов.

В 1957 г. две намывные плотины — Минге-чаурская (81 м) в Азербайджанской ССР и Кайраккумская (31,5 м) в Таджикской ССР — без повреждений перенесли сейсмические воздействия силой 6 баллов, ускорения колебаний грунтов при которых доходили до 0,04 g, причем вторая из них землетрясением в 4—6 баллов подвергалась неоднократно.

Иркутская гравелисто-галечниковая плотина с центральным суглинистым ядром и высотой 45 м в 1959 г. перенесла также без повреждений Байкальское 6-балльное землетрясение.

Намывная плотина Головной ГЭС в Таджикской ССР высотой 32,5 м за время функционирования перенесла десятки землетрясений

силой 4—6 баллов, но поврежденный практически не получила.

Наряду с этим каменно-земляная плотина Чир-Юртской ГЭС на Северном Кавказе высотой 37,5 м, которая при проектировании была проверена расчетным путем согласно действовавшим нормам СН 8-57 на 8-балльную сейсмичность, 14 мая 1970 г. подверглась землетрясению, сила которого в эпицентре, расположенном в 30 км от гидроузла, равнялась 8—9 баллам. Несмотря на расчетные обоснования сейсмостойкости плотины, в результате сейсмических воздействий на поверхности гребня образовались три параллельных ряда крупных продольных трещин, ширина которых доходила до 40 см. У береговых примыканий на плотине наблюдались поперечные трещины значительно меньшей ширины. Глубина проникновения трещин оценивается не менее чем в 2,5 м. Наблюдались также осадки гребня, которые у водосбросного канала доходили до 0,2 м.

Топтгульская плотина на Исфаре в Киргизской ССР по время Исфара-Баткенского землетрясения 31 января 1977 г., представляющая собой однородную плотину из уплотненных суглинков с полиэтиленовой противофильтрационной пленкой по верховому откосу высотой 33 м, оказалась в эпицентральной зоне 7-балльного землетрясения. В гребневой зоне образовался ряд косых трещин, идущий с верхового откоса правого примыкания через гребень на низовой откос к центральной зоне под углом примерно 35—40° к продольной оси плотины. Длина трещин доходила до 40 м, ширина раскрытия — 8—10 см и глубина — более 2 м. Осадки и горизонтальные смещения плотины не замерялись. Необходимо отметить, что плотина запроектирована с учетом 8-балльной сейсмичности площадки строительства.

Из рассмотрения последних двух примеров можно заключить, что качество строительства объектов было не на должной высоте. При высоком качестве строительных работ (тщательная укладка с достижением требуемых плотностей и контроль за свойствами используемых материалов) сейсмические деформации должны были быть значительно меньше.

Среди бетонных плотин, перенесших землетрясения средней силы, можно отметить плотину Ланджанурской ГЭС в Грузинской ССР высотой 49 м. На плотине, запроектированной и построенной с учетом необходимых антисейсмических мероприятий, после 6-балльного землетрясения не обнаружено никаких повреждений.

Результаты обследований последствий землетрясений большей частью носят описатель-

ный характер, поэтому дают лишь качественную оценку. Количественные же показатели остаточных сейсмических деформаций отражают только конечный результат поведения гидросооружений при землетрясениях.

Анализ и систематизация указанного материала позволили выработать общую классификацию сейсмических деформаций и установить некоторые их зависимости с учетом современных воззрений в этой области.

1. Осадки тела сооружения являются следствием дополнительного уплотнения материалов, разрушения контактов элементов сыпучего, разрыхления и выпучивания материалов у подошвы сооружения, послонного сползания (скатывания) их вниз по откосу и уплотнения слабых грунтов основания при сейсмических воздействиях; на основе обработки количественных данных по грунтовым плотинам высотой 6—100 м Г. С. Селезнев («Классификация сейсмических деформаций плотин из местных материалов», «Инж. сейсмология», № 3—4, Душанбе, 1966) установил следующую эмпирическую зависимость для рассматриваемого вида сейсмических деформаций:

$$\Delta = 0,6HK_c^2,$$

где Δ — абсолютные осадки гребня сооружения, м;

H — высота сооружения в заданном сечении, м;

K_c — коэффициент сейсмичности, являющийся отношением ускорения колебаний грунта к ускорению силы тяжести.

2. Горизонтальные боковые (поперек гребня), редко продольные смещения тела сооружения возникают в результате деформаций сдвига, местных оползаний откосов, частичной или полной потери устойчивости слабых грунтов основания; зависимостей по ним пока установить не удалось.

3. Послонное сползание или поверхностное осыпание несвязных материалов вниз по откосам и их выполаживание происходят вследствие нарушения равновесия сыпучих в поверхностной зоне до получения ими нового равновесного состояния, ведущего к общему искажению проектного очертания сооружения и уполаживанию откосов; требуемый угол наклона откоса к горизонту определяется по следующим формулам («Руководство по учету сейсмических воздействий при проектировании гидротехнических сооружений», Л., 1977):

для сухого откоса

$$\operatorname{tg} \varphi < \frac{\operatorname{tg} \varphi - mK_c \cdot n_1 \sqrt{\sum (\xi_i \eta_i)^2}}{n_2 \pm mK_c \cdot \operatorname{tg} \varphi \sqrt{\sum (\xi_i \eta_i)^2}},$$

для верхового откоса ниже уровня воды в водохранилище и низового откоса ниже кривой депрессии

$$180 < \frac{(\gamma - 1) (\gamma - mK_c \gamma) \sqrt{\sum (\gamma_i \gamma_i)^2}}{(\gamma - 1) \gamma_i^2 + mK_c \gamma \sqrt{\sum (\gamma_i \gamma_i)^2}}$$

где θ — угол наклона откоса, град.,
 φ — угол внутреннего трения материала откоса, град.,
 m — коэффициент, учитывающий особые условия работы сооружения,
 n_3^c — коэффициент запаса устойчивости откоса с учетом сейсмического фактора,
 γ_i — коэффициент динамичности,
 γ_i — коэффициент формы колебаний,
 γ — объемный вес водонасыщенного материала, т/м³.

4. Образование трещин преимущественно происходит в связных и частично в сыпучих материалах сооружения в результате превышения действующих напряжений предела прочности грунтов на растяжение, проявления начальных стадий оползневых явлений и расслоения контактов элементов из разнородных материалов, обладающих различной динамической жесткостью; развитие трещин идет в основном в гребневой зоне сооружения.

Продольные трещины образуются в насыпях и дамбах преимущественно на всем протяжении сооружения, а в плотинах — в средней зоне, они обладают свойством довольно глубоко проникать в тело сооружения и, как правило, клином направлены примерно перпендикулярно к поверхности гребня и откосов.

Поперечные трещины в плотинах появляются преимущественно в зонах бортовых примыканий, а в насыпях и дамбах — при переходах от наземной части к выемке или в примыканиях к различным конструкциям. Трещины эти сравнительно меньше проникают вглубь сооружения, но нередко пронизывают всю ширину гребневой зоны. Для этого вида сейсмических деформаций Г. С. Селезнев установил следующие эмпирические зависимости для определения глубины проникновения и ширины раскрытия трещин:

$$h = 0,84 \left(1 - \frac{0,035}{K_c} \right) H,$$

$$s = 0,67 \left(1 - \frac{0,034}{K_c} \right) H,$$

где h — глубина проникновения трещины, м,
 s — величина раскрытия трещины, см.

5. Частичная или общая потеря устойчивости выражается в виде оползневых явлений

преимущественно верхового смоченного откоса и сравнительно меньше — низового сухого откоса, но без разжижения материалов.

Как правило, грунтовое сооружение в обычных эксплуатационных условиях находится в определенном статически напряженном состоянии. Возникающие дополнительные сейсмические нагрузки в зависимости от интенсивности могут привести к превышению предела прочности материалов на сдвиг по некоторым плоскостям и нарушению равновесного состояния откосов. В результате возникают оползневые явления и обрушения.

Расчет общей устойчивости откосов против оползания (обрушения) на практике в большинстве случаев производится по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Проверка устойчивости осуществляется по тем поверхностям обрушения, по которым получаются наименьшие значения коэффициентов устойчивости при основных нагрузках. В этом случае коэффициент устойчивости откосов с учетом сейсмического фактора определяется из выражения следующего вида:

$$n_3^c = \frac{M_{\text{пасс}}}{M_{\text{акт}}} = \frac{\sum N_k \gamma_k + \sum c_k l_k}{\sum T_k + \sum S_k A_k} > n_3^c,$$

где $M_{\text{пасс}}$ и $M_{\text{акт}}$ — пассивный и активный моменты сил относительно центра вращения,

N_k и T_k — нормальная и тангенциальная составляющие собственного веса k -го столбика к дуге откоса обрушения,

c_k и l_k — удельное сцепление материала и длина дуги опирания k -го столбика,

S_k и A_k — сейсмическая сила, действующая на k -й столбик, и отношение ее плеча к радиусу центра вращения.

6. Разжижение водонасыщенных грунтов в теле сооружения происходит за счет развития гидродинамических процессов в результате резкого уплотнения материалов. Этот вид сейсмических деформаций, как правило, наблюдается в мелкозернистых сыпучих материалах и в зависимости от интенсивности внешнего воздействия может привести к частичной или полной потере устойчивости всего сооружения. При сравнительно малых размерах сооружений, сложенных из крупнозернистых и обломочных материалов, возможность разжижения грунтов практически исключена, и этот вид деформаций опасности не представляет. Однако в вы-

соких и сверхвысоких плотинах такая возможность не исключена, и этот вопрос еще недостаточно изучен.

Для установления условий возникновения разжижения и появления порового давления в грунтовых материалах гидросооружений используются несколько методов расчета, на которых не останавливаемся. Отметим только, что зачастую приходится прибегать к экспериментам, чтобы убедиться в правильности аналитических прогнозов.

Большое разнообразие типов конструктивных решений и назначение бетонных гидросооружений исключает единообразие и специфичность их сейсмической повреждаемости. Характерные и преобладающие деформации для сооружений во время землетрясений — разнообразные трещины во всех конструкциях. Однако если в грунтовых сооружениях при сейсмических воздействиях допускается появление некоторых видов деформаций, то в бетонных сооружениях возможность появления подобных повреждений должна быть полностью исключена.

Развитие теории сейсмостойкости. Зарождением теории сейсмостойкости сооружений как научной дисциплины следует считать период конца XIX и начала XX в., когда на основе эксперимента была выдвинута так называемая статическая теория сейсмостойкости. По этой теории деформации сооружения не учитываются и колебания его сводятся к переносному движению вместе с основанием. Ясно, что при таком предположении ускорения всех точек сооружения равны ускорению основания, а распределение сейсмических инерционных сил по высоте подобно распределению масс (весов). Следовательно, можно было не интересоваться закономерностью сейсмических движений почвы, а знать лишь максимальные значения действующих ускорений. Это позволило вывести следующую зависимость горизонтальных сейсмических сил от интенсивности колебаний грунтов:

$$S = QK_s,$$

где S — сейсмическая сила, приложенная к любой точке сооружения;

Q — вес рассматриваемой части сооружения;

K_s — коэффициент сейсмичности.

Значение статической теории для развития сейсмостойкого строительства состояло в том, что впервые удалось получить количественную, хотя и весьма приближенную оценку сейсмических сил и тем самым свести проектирование сейсмостойких сооружений к обычной инженерной задаче. Эта теория использовалась

более полувека. Именно с позиций статической теории сейсмостойкости были запроектированы и построены первые гидротехнические объекты в Узбекистане — Чирчик-Бозсуйский и Даргом-Талигулямские ирригационно-энергетические каскады, Фархадский, Каттакурганский и Чимкурганский гидроузлы, ирригационно-обводнительные каналы в Ферганской долине и ряд других, а также построены Варзобский каскад в Таджикской ССР и система водохранилищных плотин на Мургабе и Теджене в Туркменской ССР.

Обследования последствий землетрясений показали, что качественная и количественная картина поврежденных и разрушенных элементов сооружений не может быть объяснена на основе статической теории сейсмостойкости. В общей форме основы динамического метода расчета сооружений на сейсмостойкость заложены К. С. Завриевым. Он исходил из гармонического закона колебаний грунтов в косинусоидальной форме, что давало возможность отразить внезапный характер сейсмического воздействия и поэтому учитывать свободные колебания сооружения.

Эту теорию развил А. Г. Назаров, показавший, что при интерпретации сейсмических колебаний грунтов в виде ударов и толчков происходит не только удвоение сейсмических нагрузок, как при гармонических колебаниях, но и увеличение их в несколько раз. Это позволило объяснить наблюдаемые во время землетрясений на первый взгляд странные факты появления только горизонтальных трещин по всему контуру сооружения, расслоения каменной кладки без видимых общих повреждений зданий, подбрасывания, среза и смещения на большие расстояния довольно жестких, но небольших по размерам сооружений и предметов.

Указанные и другие исследования сыграли большую роль в становлении динамического подхода к расчету сооружений на сейсмические воздействия и обусловили начало нового этапа в развитии теории сейсмостойкости. Вместе с тем динамическая теория в первоначальном виде не была лишена недостатков: прежде всего она основывалась на схематической картине движения грунта по гармоническому закону и, кроме того, не учитывала фактора рассеяния энергии при колебаниях, что весьма важно при практических расчетах.

По мере накопления данных о поведении сооружений во время землетрясений и особенно после получения первых инструментальных записей сильных движений грунта стало очевидно, что эти движения не поддаются простому аналитическому описанию и что колебания

грунтов представляют весьма сложный, многочастотный и нерегулярный процесс. Это предопределило развитие динамической теории сейсмостойкости по пути спектрального представления о воздействиях сейсмических сил на сооружения.

Основная идея спектрального метода анализа сейсмического эффекта состоит в том, что вместо описания процесса сейсмических колебаний сооружения в функции времени определяются максимальные величины различных факторов, например смещений, скоростей или ускорений, по отдельным нормальным составляющим (компонентам) этих колебаний. Эти величины могут быть определены на основе анализа поведения линейных осцилляторов с соответствующими динамическими параметрами, моделирующими сооружения по периодам собственных колебаний и показателю рассеяния энергии, при возбуждении их колебаний по инструментальным записям сейсмических колебаний. В результате получаются спектральные кривые, описывающие максимальные сейсмические реакции системы с одной степенью свободы в функции периода его собственных колебаний и при фиксированных показателях затухания. С помощью этих кривых можно рассчитать максимальные сейсмические усилия в сложных системах со многими степенями свободы. В этом случае расчетное значение сейсмической нагрузки, действующей горизонтально в любой точке гидросооружения, определяется согласно формуле

$$S_{ik} = Q_k K_i \beta_i \eta_{ik} m,$$

где Q_k — нагрузка, вызывающая инерционную силу и принятая сосредоточенной в точке k ,

β_i — коэффициент динамичности, соответствующий i -ой форме собственных колебаний,

η_{ik} — коэффициент, зависящий от соответствующей формы деформации сооружения в точке k ,

m — коэффициент, учитывающий особые условия работы сооружения.

В обоснование и развитие динамической теории сейсмостойкости, главным образом спектрального метода, принятого в основу действующих нормативных документов не только в нашей стране, но и во многих странах мира, большой вклад внесли советские ученые А. Г. Назаров, И. Л. Корчинский, С. В. Медведев, И. И. Гольденблат и др. Больших успехов в этой области, особенно применительно к специальным сооружениям, добились ученые нашей республики М. Т. Уразбаев, В. К. Ка-

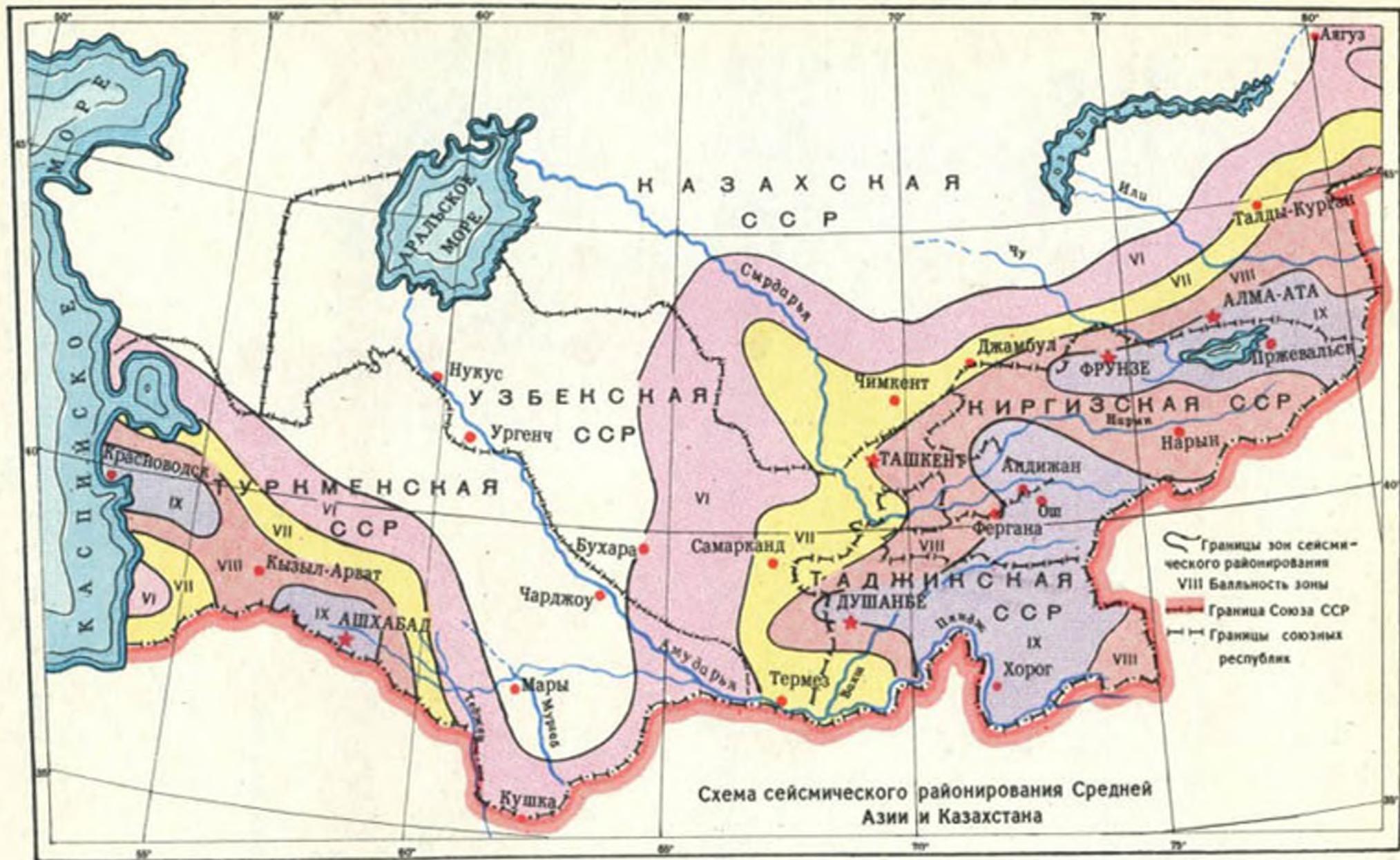
булов, Ю. Р. Лейдерман, В. Т. Рассказовский, Т. Р. Рашидов и др. В частности, исследования Института механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР в области сейсмостойкости гидроупругих систем и подземных коммуникаций легли в основу норм проектирования и строительства в сейсмических районах.

Успехи в развитии теории сейсмостойкости сооружений, в том числе гидросооружений, позволили более обоснованно (по сравнению с первыми объектами) запроектировать и построить ряд крупных гидрозлов — Керкидонский, Южно-Сурханский, Джизакский, Пачкамарский, Ахангаранский, Ходжикентский и других в Узбекской ССР, Чардаринский, Капчгайский и другие в Казахской ССР, Учкурганский, Касансайский, Найманский и другие в Киргизской ССР, Головной, Кайраккумский и другие в Таджикской ССР, а также множество ирригационно-обводнительных каналов.

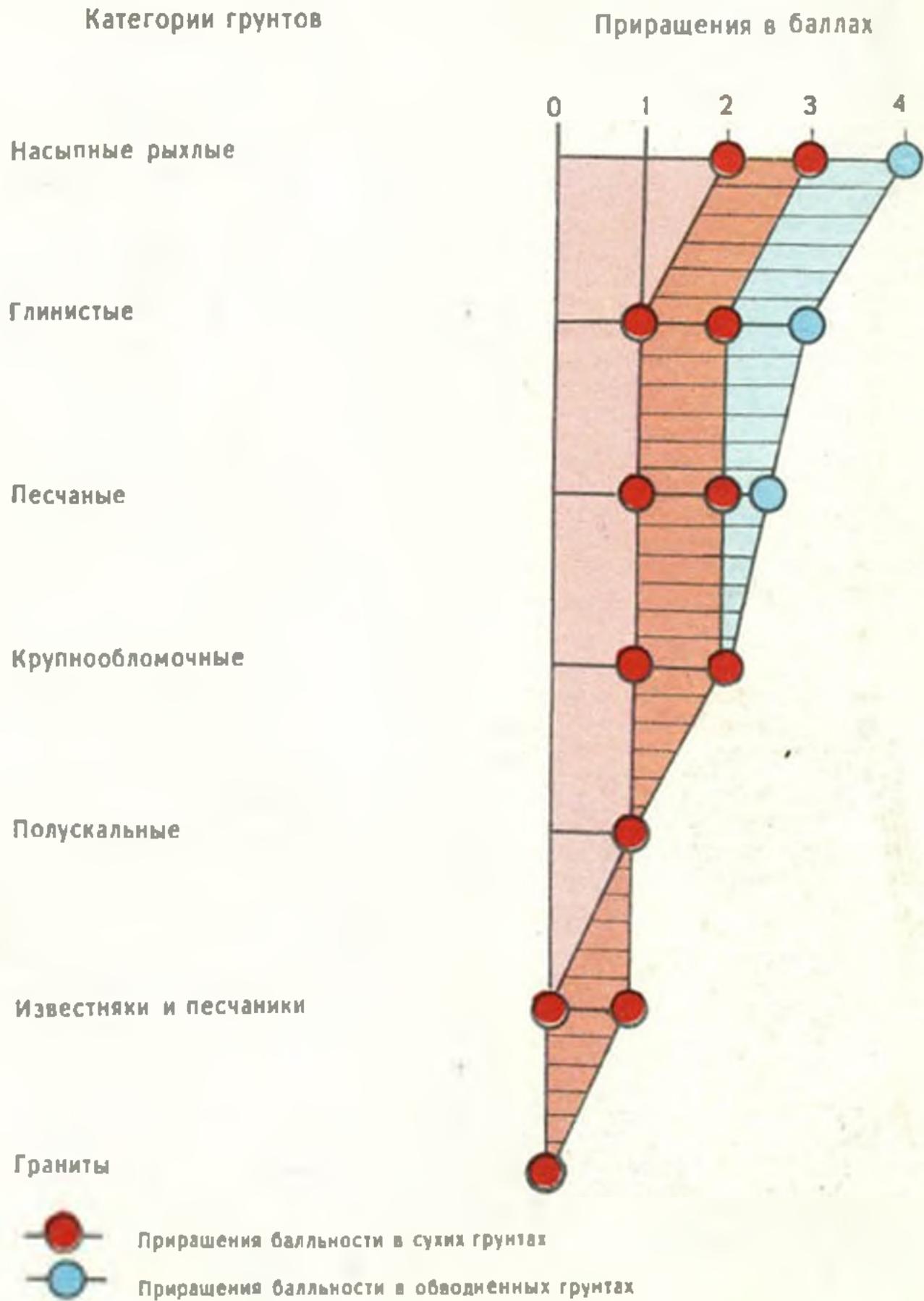
Разработка спектрального метода — важное достижение динамической теории сейсмостойкости; внедрение его в практику проектирования обусловило существенное повышение надежности и эффективности сейсмостойкого строительства. Тем не менее спектральный метод также имеет ряд недостатков. Этот метод не дает описания сейсмических колебаний сооружений и позволяет получить для сейсмических усилий и деформаций лишь максимальные их значения, так называемую оценку «сверху». В связи с этим для определения действительных значений общих сейсмических нагрузок, возникающих в системах со многими степенями свободы, каковыми являются реальные сооружения, были разработаны различные приближенные методы суммирования максимальных сил, определяемых на основе спектрального метода по отдельным компонентам колебаний.

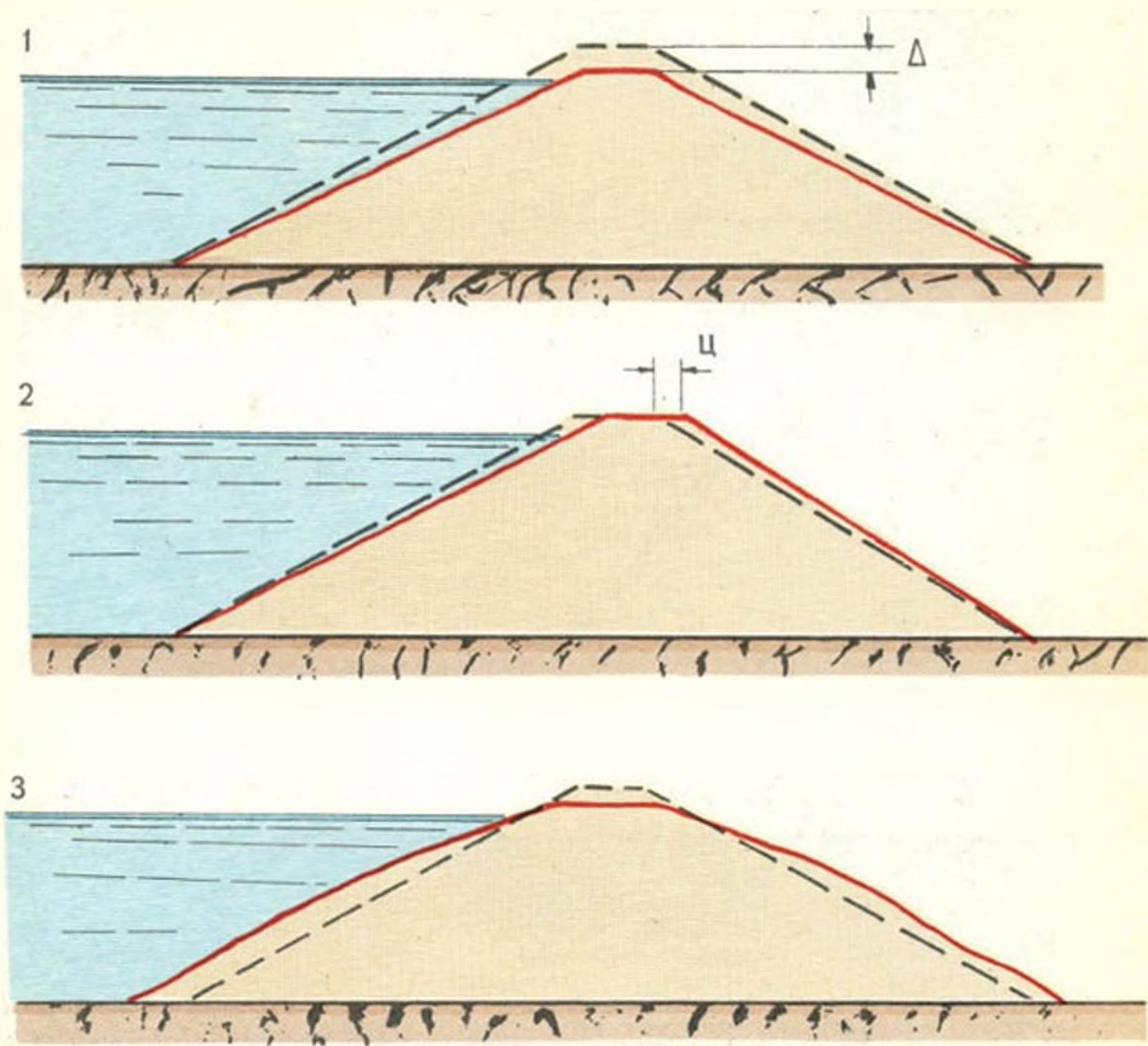
Спектральный метод, основанный на разложении решения в ряд по нормальным составляющим, в строгом смысле пригоден для анализа только линейных, т. е. чисто упругих колебаний, поэтому появилась проблема упруго-пластических или нелинейных колебаний в расчетах на сейсмические воздействия и начались исследования в этом направлении. Они призваны вскрыть дополнительные резервы несущей способности материалов, особенно применительно к гидротехническим сооружениям.

Как уже отмечалось, колебания грунтов во времени при землетрясениях носят сложный характер, практически исключающий возможность представления возмущающего воздействия сейсмических колебаний в виде детерминированной функции, т. е. некоторой законо-



Возможные приращения балльности в различных грунтах

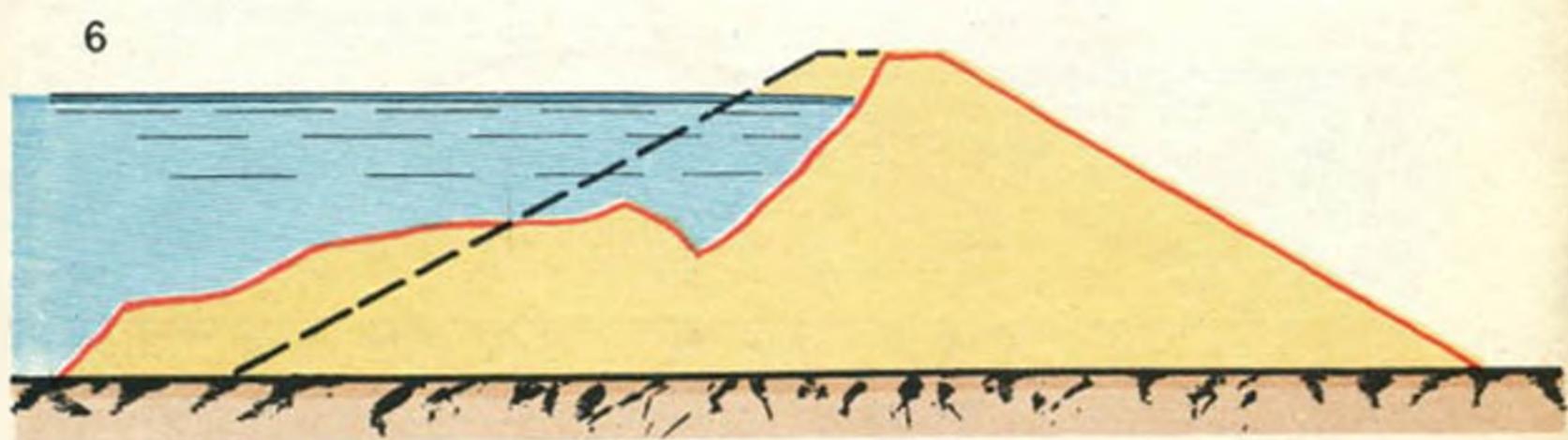
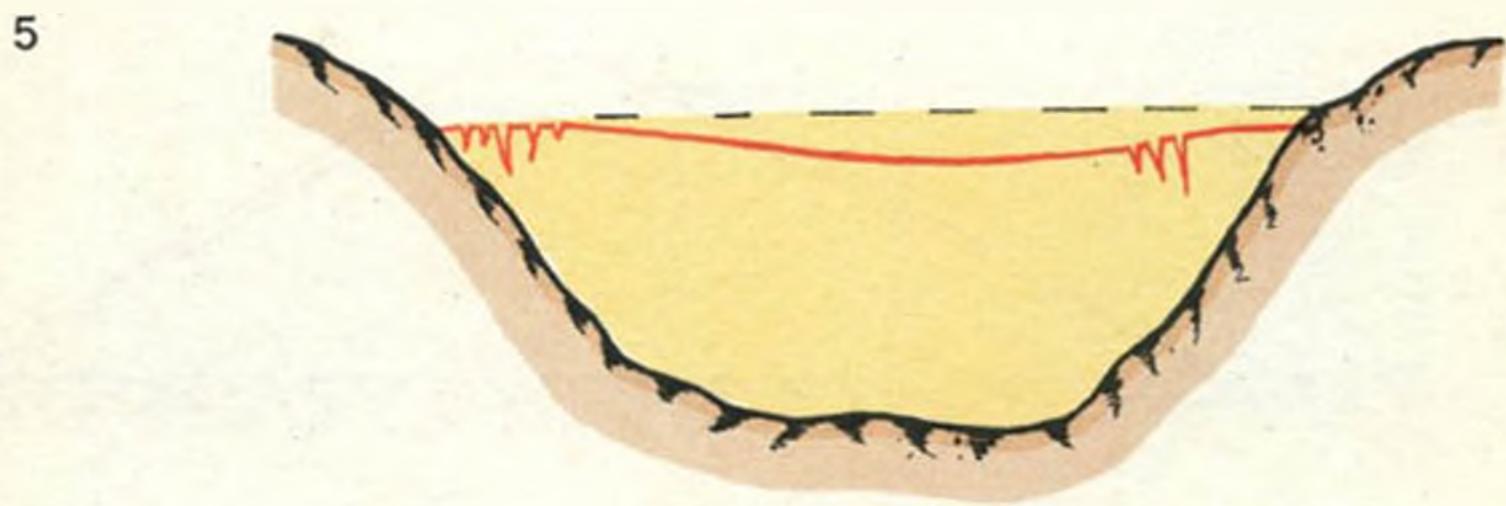
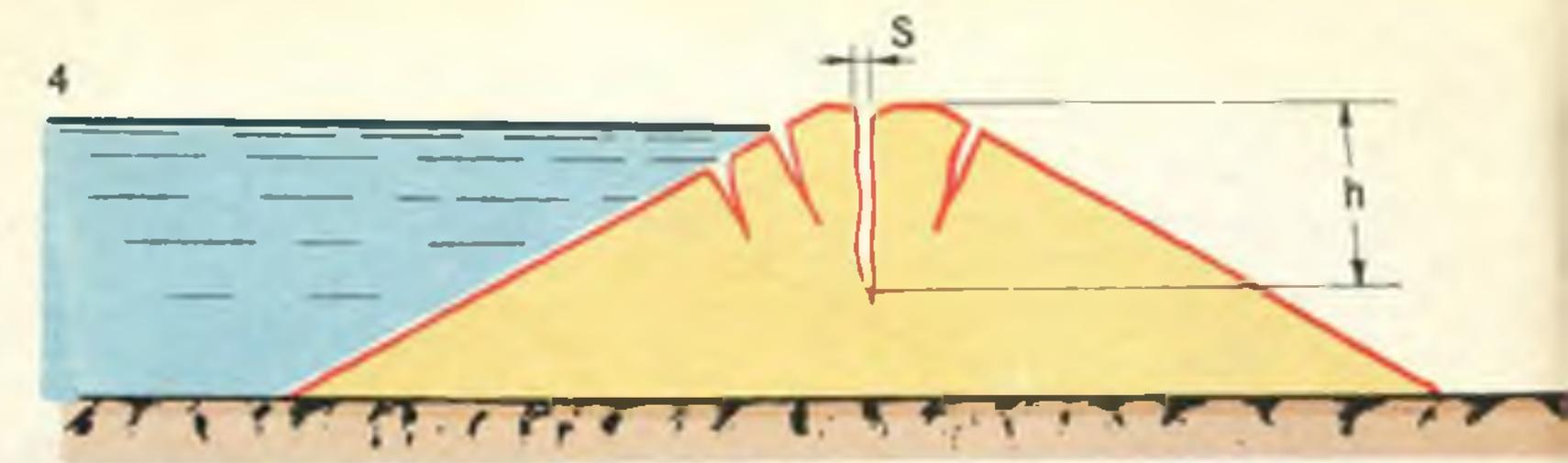




Сейсмические деформации плотин из грунтовых материалов

- — — Первоначальный контур плотины
- — — После сейсмического воздействия

1 -осадки; 2-боковые смещения; 3-сползание материалов



Сейсмические деформации плотин из грунтовых материалов

- — — Первоначальный контур плотины
- — — После сейсмического воздействия

4-продольные трещины; 5-поперечные трещины; 6-оползание верхнего откоса

мерности. Особенности сейсмических колебаний грунтов в определенном пункте при заданном землетрясении зависят от ряда случайных факторов (механизма и глубины заложения очага, эпицентрального расстояния и условий распространения сейсмических волн, местных грунтовых условий и т. д.) и поэтому могут оказаться нехарактерными для других землетрясений в будущем. Хотя спектральный подход к задаче сейсмостойкости содержит в себе идею отказа от детерминистического описания сейсмических колебаний, однако он не учитывает возможных пределов изменения тех же спектральных кривых для множества разнообразных землетрясений в различных пунктах наблюдения.

Последовательное развитие указанной идеи привело к вероятностной постановке задачи сейсмостойкости, основанной на теории случайных функций. Вероятностный анализ характеристик сейсмического режима, включая прогноз сейсмических воздействий, — важное направление современного этапа развития общей и инженерной сейсмологии.

Таким образом, развитие теории сейсмостойкости характеризуется интенсивной разработкой всех ее направлений с учетом исходных предпосылок, отражающих реальные свойства и условия работы сооружений. Наряду с центральными научно-исследовательскими организациями страны в разработке и решении проблем сейсмостойкости сооружений активное и плодотворное участие принимают следующие организации Средней Азии и Казахстана: Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР, Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН ТаджССР, ТашЗНИНЭП Госстроя СССР, Институт сейсмостойкого строительства Госстроя Туркм. ССР, Промстройинипроект КазССР и др.

Экспериментальные методы исследований. Трудно переоценить роль эксперимента в общем комплексе исследований вопросов сейсмостойкости. Современная теория сейсмостойкости находится на стыке наиболее сложных разделов теории сооружений, инженерной сейсмологии, теории колебаний и др. Многие актуальные задачи, связанные с оценкой сейсмостойкости сооружений, пока не имеют теоретического решения или получили приближенную интерпретацию. Понятно, что для изучения подобных вопросов эксперимент служит одним из существенных источников информации. Некоторые важные механические свойства материалов и конструкций и их количественные характеристики могут быть определены только экспериментальным путем. Даже наиболее разработанная в теоретическом отно-

шении проблема нахождения спектра собственных колебаний сооружений в случаях, когда они достаточно сложны в конструктивном отношении, встречает серьезные трудности.

В условиях непрерывного совершенствования существующих и разработки новых конструктивных решений сооружений для сейсмических районов, внедрения в строительную практику новых более эффективных материалов, когда все это с точки зрения запросов практики зачастую не успевает теоретически осмыслиться и провериться, экспериментальные методы исследований нередко оказываются главным средством, открывающим путь новому и прогрессивному.

Основные задачи экспериментальных исследований сейсмостойкости гидротехнических сооружений, как и любых сооружений, могут быть расчленены на две группы: 1) определения реакций сооружений на сейсмические воздействия, к которым могут быть отнесены измерения периодов, форм и затуханий собственных колебаний, выявления кинематических элементов сейсмических колебаний (смещений, скоростей и ускорений) в различных точках сооружений и т. п.; 2) анализ несущей способности сооружений, к которому относятся измерения напряженно-деформированного состояния материалов и конструкций, определения остаточных сейсмических деформаций, общей устойчивости сооружения и т. п.

Экспериментальные исследования подразделяются на лабораторные и натурные. Лабораторные, за исключением экспериментов на натуральных фрагментах и элементах сооружений или случаев определения механических свойств материалов, могли основываться лишь на методах моделирования. Следовательно, надежность и полнота результатов исследований на уменьшенных моделях в значительной степени зависела от уровня развития как общей теории подобия, так и теории подобия применительно к твердым деформируемым телам, механике грунтов, гидродинамике и т. д.

Необходимо отметить, что теория подобия в указанных областях развивалась примерно одновременно с наукой о сейсмостойкости сооружений. Поэтому развитие лабораторных исследований в области сейсмостойкости, в частности гидросооружений, шло сложным путем от простейших опытов по выявлению качественной стороны изучаемых вопросов до сложных экспериментов, устанавливающих некоторые количественные закономерности сейсмического поведения сооружений. Этому, безусловно, способствовали достигнутые успехи в области теории подобия, методов моделирования и техники экспериментирования.

Основным оборудованием для этих исследований служили вибрационные или, как их принято называть, сейсмические платформы. От платформ небольших размеров, малой грузоподъемности и с однокомпонентными колебаниями переходили к многокомпонентным сейсмоплатформам с усовершенствованным приводом и большой грузоподъемности. Несмотря на это, исследования на таких установках носили приближенный характер (сравнительно небольшие размеры испытываемых моделей и образцов, несоблюдение соотношения длин сейсмических волн и размеров сооружений, что особенно важно для гидротехнических объектов и т. д.).

Чтобы частично избежать отмеченных недостатков, разработаны методы изучения моделей сооружений на естественных грунтах при генерировании сейсмозрывных волн, моделирующих сейсмические воздействия. Выбор специальных грунтовых условий и способов производства подземных взрывов позволял значительно приблизиться к реальным условиям. Данный способ исследований открыл возможность для испытания крупномасштабных моделей и даже фрагментов натуральных сооружений.

Кроме того, получили развитие и другие методы лабораторно-полевых исследований, что способствовало решению многих вопросов сейсмостойкости сооружений и наравне с другими направлениями позволяло окончательно сформулировать принципы сейсмостойкого строительства, которые вошли в действующие СНиП.

Важно отметить, что для обоснования сейсмостойкости таких плотин, как Нурекская, Токтогульская, Чарвакская, Андрижанская, и других проведены уникальные исследования в лабораторных и полевых условиях. Широкое изучение сейсмостойкости песчано-намывной плотины на фрагментах велось на строительстве Талимарджанского водохранилища в Кашкадарьинской области.

Однако и лабораторно-полевые методы исследований сейсмостойкости на моделях и даже натуральных фрагментах сооружений не дают однозначных результатов, поэтому актуальной остается необходимость проверки вопросов сейсмостойкости их на натуральных объектах.

Натурные исследования первоначально были связаны с первой группой задач изучения сейсмостойкости гидросооружений. Разработка способов генерирования динамических нагрузок применительно к гидросооружениям и создание новых типов сейсмометрической аппаратуры позволили проводить опыты в натур-

ных условиях при помощи искусственных (вибрационные и взрывы) и естественных (микросейсмы и землетрясения) источников возмущения.

Несмотря на то, что в этом направлении получены весьма ценные данные о динамических свойствах сооружений, все же поведение изучаемых объектов характеризуется при малых, в лучшем случае при средних интенсивностях возмущающих воздействий. Более того, в условиях эпизодичности подобных экспериментов и их малочисленности нет никакой уверенности в получении наиболее полной и ценной информации о поведении сооружений при редких, но сильных и даже разрушительных землетрясениях.

В нашей стране впервые в практике гидротехнического строительства в сейсмических районах начата организация и проведение постоянных инструментальных наблюдений за колебаниями высоких плотин. Инженерно-сейсмометрические службы должны быть созданы на таких гидроузлах, как Нурекский, Ингурский, Токтогульский, Чарвакский, Свянский, Чиркейский, Иркутский и Ортотокайский. Ташкентский филиал ВНИИ ВОДГЕО разрабатывает подобную службу для Гиссаракской плотины, имеющей высоту 140 м и расположенной в сейсмически активной зоне республики. Широкая сеть инженерно-сейсмометрических служб, без сомнения, позволит накопить такую информацию, на основе которой более углубленно будут решаться вопросы сейсмостойкости гидротехнических сооружений.

Таким образом, высокая сейсмическая активность территории Узбекистана и обследование последствий разрушительных землетрясений указывают на необходимость учета сейсмического фактора при проектировании объектов гидротехнического назначения. Несмотря на то, что наука о сейсмостойкости сооружений обеспечивает общее решение основных вопросов расчета сооружений, для обоснования сейсмической устойчивости крупных и ответственных объектов, отличающихся своими особенностями, должны проводиться специальные комплексные исследования — от сейсмического микрорайонирования площадки строительства, всесторонних расчетов и углубленного инженерного анализа до лабораторно-полевых экспериментов.

Данные о поведении бетонных гидросооружений показывают, что при землетрясениях даже значительной силы они не только не разрушаются, но и не получают существенных повреждений. Следовательно, для такого типа сооружений проблема сейсмостойкости сводится к изысканиям путей совершенствования ме-

тодов расчета и способов конструирования с целью более рационального использования несущей способности бетона и достижения возможной экономии средств, вкладываемых в значительных объемах в эту область строительства.

Повреждения гидросооружений из грунтовых материалов, причины которых рассмотрены выше, не могут служить основанием для вывода о том, что эти объекты, представляющие собой экономичные подпорные и водопроводящие сооружения наиболее распространенного типа, не являются сейсмостойкими. Из приведенных общих данных видно, что полностью разрушено лишь несколько незначительных земляных плотин и сравнительно большой объем насыпей и дамб различных каналов преимущественно старой постройки, не удовлетворяющих даже элементарным требованиям сейсмостойкого строительства. Многочисленные примеры подтверждают, что пло-

тины, дамбы и насыпи из грунтовых материалов, особенно каменно-набросные и каменно-земляные, выдерживают землетрясения без существенных повреждений. Во многих случаях даже сильно поврежденные сооружения продолжали выполнять свою функцию и удерживать напорный фронт водохранилищ значительное время. Опыт эксплуатации гидросооружений из грунтовых материалов в районах с высокой сейсмической активностью показывает, что при надлежащем проектировании и учете особенностей сейсмических воздействий они являются достаточно надежными сооружениями.

Особое внимание должно быть обращено на качество строительных работ при возведении гидротехнических сооружений. Некоторые примеры повреждений грунтовых плотин показывают, что эти объекты и другие сооружения пострадали главным образом из-за низкого качества строительных работ.

Как известно, русловый процесс — это постоянные изменения морфологического строения русла водотока и поймы, обусловливаемые действием текущей воды.

Русловые деформации проявляются в изменениях продольного и поперечных профилей, плановых перемещениях и бифуркации русла и в естественных водотоках (реки), и в искусственных (каналы, прорези и т. п.) Во многих случаях они наносят ущерб хозяйственной деятельности человека: происходит затопление прибрежных культурных земель и населенных пунктов, смыв посевных площадей, жилых и производственных строений, каналов, дорог и других сооружений в прибрежной зоне; ухудшаются бесплотинные и приплотинные водозаборы, работа подохранилищ.

Изучение руслового процесса начато Л. Фаргом, В. М. Лохтиным, Н. С. Лелявским и С. П. Максимовичем в конце XIX — начале XX в. Их работы получили развитие благодаря фундаментальным исследованиям в области теории турбулентных течений и гидродинамики крупных зарубежных ученых (Шпаидтля, Кармана, Никурадзе) и советских (Жуковского, Чаплыгина, Саткевича, Лойцанского, Зегжды).

Движение наносов исследовали за рубежом Д. Дюбуа, Дж. Ласей, Ф. Шаффернак, А. Шоклич, Е. Мейер-Петер, Г. Жильберт, в СССР — М. В. Маккавеев, Г. Н. Шамоу, И. И. Леви и другие. Особое место занимает работа В. Н. Гончарова («Движение наносов», 1938 г.).

Динамика русловых потоков как научное направление было сформулировано М. А. Великановым в книге «Динамика русловых потоков» (1936), где получили отражение все тео-

ретические и экспериментальные исследования в области турбулентных течений.

Еще в 1932 г. он дал уравнение деформации русла, которое является основой всех расчетных методов переформирования русла, т. е. прогноза русловых процессов. Различные аспекты взаимодействия потока и русла явились за последние 20 лет предметом изучения многих ученых (Г. А. Эйштейн, М. А. Великанов, И. В. Егнзаров, Р. Багнольд, Д. Б. Саймонс, И. И. Леви, В. Н. Гончаров, Я. Богарди и др.). И. Э. Факторович предложил (1965 г.) схематизировать процесс русловых переформирований, учитывая постепенность обмена наносами между потоком и руслом.

Процесс перемещения наносов в придонном слое в качестве стохастического рассматривали в целях определения расхода наносов в США ученые Г. А. Эйштейна — Сахан, Рейли, Ренард, Шен, Хунгам. В СССР в этом направлении исследования вели М. А. Великанов, К. И. Россинский, И. А. Кузьмин, И. А. Михайлова.

Необходимо отметить, что советские ученые выявили строгую взаимообусловленность явлений и процессов, происходящих при движении турбулентного наносонесущего потока в размываемом русле. Полученные М. А. Великановым, И. А. Ржанциным, К. В. Гришаниным, Г. В. Железняковым, А. И. Крошкиным, В. Ф. Талмаза и другие морфологические зависимости, характеризующие связь между элементами потока и русла, имеют физические обоснования, вытекающие из принципов размерности; эти зависимости являются универсальными с точки зрения практического приложения.

Исследованиями турбулентных структур руслового потока занимались М. А. Великанов, М. В. Потапов, К. В. Гришанин, И. Т. Швейковский, Е. М. Минский, Б. А. Фидман, Д. И. Гринвальд, И. А. Михайлова, И. К. Някитин и др. Изучение процессов рус-

* При составлении главы использованы данные автора и сотрудников отдела русла САННИРИ, а также учтены замечания и некоторые дополнения И. А. Бузулова и Г. А. Тер-Абрамянца.

Лоформирования и закономерностей руслового турбулентного потока продолжали К. П. Россинский, И. А. Кузьмин, А. В. Караушев, Н. М. Маккавеев, М. А. Мостков, А. К. Анян, В. Г. Саноян, И. Л. Розовский, Ю. А. Ибадзаде, В. М. Ляхтер, А. С. Прудовский, П. В. Кереселидзе и др.

Вопросами, связанными с началом движения наносов и оценкой размывающих скоростей потока при местном размыве, занимались Е. А. Замарин, А. Н. Рахманов, Р. Ж. Жулаев, Д. И. Кумин, В. С. Кнороз, Н. Н. Беляшевский, Ц. Е. Мирцхулава, М. А. Михалев и др. П. Е. Кондратьев, И. В. Попов, Б. Ф. Синицко и др. выявляли гидроморфологию речных русел и положили начало новому направлению, где русловой процесс рассматривался на разных структурных уровнях.

Так развивалась речная гидравлика и изучалась динамика русловых потоков.

Основное практическое приложение теории руслового процесса — определение методов прогнозных расчетов русловых деформаций, возникающих в естественных условиях (в бытовом русле) и в результате строительства речных гидротехнических сооружений, особенно плотных водозаборных узлов и водохранилищ, а также при различных землечерпательных работах в речном русле (устройство прорезей, спрямление излучин). Существует много методов таких расчетов, по которым составлены программы, позволяющие быстро производить вычисление для конкретных условий на ЭВМ.

Большой вклад в изучение русловых процессов и разработку методов их прогнозирования внесли ученые Узбекистана, решавшие поставленные задачи, исходя из конкретных условий рек Средней Азии, отличающихся особенностями всего гидрологического режима.

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ НА РЕКАХ УЗБЕКИСТАНА В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Реки Узбекистана перемещают большое количество наносов, в которых преобладают мелкие взвешенные частицы, образующиеся главным образом за счет смыва мелкоземистого покрова водосборов. В половодье, особенно весной, мутность воды значительно больше, а крупность наносов меньше, чем в межень, когда наносы образуются за счет размывов берегов. Более крупные донные наносы представляют собой продукты русловой эрозии, включая размывы каменных осыпей. Обычно за половодье реки проносят 80—85% годового стока наносов. Мутность летних половодий, формирующихся на верхнем ярусе гор со

скалистыми склонами, меньше. На горных участках мутность наблюдается при всех расходах воды, а на предгорных и равнинных — только в половодье при расходах, превышающих определенную для каждой реки величину, называемую расходом начала движения донных наносов.

Сток донных наносов на горных участках может достигать до 30—40% годового стока взвешенных, а на равнинных участках и в нижнем течении — не превышать 5—15%. Это объясняется уменьшением уклонов и скоростей течения после выхода реки из горной области. Одновременно происходит нересортировка донных наносов по крупности, в результате средней диаметр их уменьшается к устью (по данным С. Т. Алтунина, почти линейно, пропорционально уклону). Это уменьшение объясняется также их истиранием в процессе движения. Предложенная Г. Штеренбергом формула для учета истирания наносов подтверждается данными опытов, проведенных по Чирчику и Амударье.

На выходе из горной области малые и некоторые средние реки Узбекистана образуют гравелисто-галечниковые конусы выноса, по поверхности которых они протекают системой рукавов и протоков. Наиболее правильную форму имеют конусы выноса Соха и Исфары в Ферганской долине. Многие реки Ферганской долины (Падшаата, Сумсар, Шахмардан и другие) имеют два конуса выноса: древний и современный, разделяемые друг от друга адырами. Более крупные реки Узбекистана после выхода из гор текут по широким, но неглубоким долинам с хорошо выраженной поймой и террасами.

На предгорных участках пойма сложена гравелисто-галечниковыми, а в среднем и нижнем течении — крупно- и мелкопесчаными грунтами. Борта долины и террасы сложены лессовыми, суглинистыми и супесчаными грунтами, содержащими в предгорьях подстилку в виде щебня, гальки и гравия.

Большинство рек Узбекистана на некоторых участках среднего и нижнего течения имеют выходы через трудноразмываемые скальные породы, образуя иногда теснины. На Сырдарье это Кайраккумская и Фархадская теснины, на Амударье — Келиф, Пулизиндан, Ильчик, Дульдуй-Атлаган, Тюямуйи, Джумуртау, Тахпаташ, Кипчек, Парлытау.

Очертание и разветвленность речного русла в долинах в значительной степени определяются ходом руслового процесса. При протекании потока по излучине в нем развивается поперечная циркуляция на изгибе, при которой поверхностные струи с высокими скоро-

бегами течения направляются к вогнутому берегу, а придонные с малыми скоростями — к выпуклому. Это приводит к интенсивному размыву вогнутого берега и отложению продуктов размыва на выпуклый берег.

В результате наблюдается, во-первых, формирование на излучинах поперечного профиля в виде несимметричного треугольника с вершиной у вогнутого берега; во-вторых, непрерывное перемещение излучины, сопровождающееся смещением их вниз по течению и увеличением кривизны. Это увеличение может привести к самоспрямлению излучины (за счет прорыва перешейка в половодье вследствие повышения уровней воды, вызываемых уменьшением уклона) и к образованию озер-старич. Перекаты имеют корытообразное сечение, часто нарушаемое побочными, мелкими и островами.

Блуждающее русло состоит из системы рукавов и протоков, то сливающихся друг с другом в одно или несколько более крупных русел, то снова разделяющихся на более мелкие. Некоторые рукава могут существовать продолжительное время, но вся система отличается крайней подвижностью и непрерывно меняет русло, местоположение и размеры рукавов и протоков (особенно в период половодья), вызывая также изменения очертаний коренных берегов поймы, подвергающихся размыву свальным течением.

Свальное течение возникает тогда, когда интенсивное засорение основного русла или крупных протоков вызывает местный подпор и разливы реки. Речной поток при этом прорабатывает в понижениях поймы новые русла, направленные часто к коренному берегу. Такие русла вследствие поперечного уклона поймы имеют большие уклоны и скорости течения, чем в основном русле реки, и вызывают интенсивный размыв берегов.

В горных долинах и теснинах русла рек периодически расширяются, что связано с изменением расхода воды и уклона реки.

В горных долинах с выраженной поймой в зависимости от ширины и уклона может появиться меандрическое или многорукавное русло. На конусах выноса преобладает многорукавное блуждающее русло.

В долинах предгорных и равнинных участков наблюдается сочетание слабомеандрического пойменного русла, полностью затопленного только в период больших расходов, с многорукавным руслом, хорошо выраженным при меньших расходах. Такое сочетание меандрирования с многорукавностью наиболее полно проявляется на Амударье выше Нукуса, на Сырдарье выше Кайраккумского во-

дохранилища, на Чирчике ниже Газалкента.

Выраженное меандрическое русло без разделения на рукава при малых расходах имеет Амударья ниже Парлытау, Сырдарья ниже Чиназа, Ахангаран ниже Алимкента и др.

На горных участках рек, особенно в ущельях и теснинах, потоки из-за больших уклонов текут с высокой скоростью, обеспечивающей транспортирующую способность, превышающую фактическую насыщенность наносами. Поэтому на этих участках русло управляет потоком, результатом чего является преобладание глубинной эрозии, в процессе которой поток постепенно насыщается наносами.

При уменьшении уклона в расширенных горных долинах это насыщение может оказаться избыточным, вызывая частичное отложение наносов, при этом поток формирует в отложениях русло, т. е. он управляет руслом. Наиболее полно это проявляется на конусах выноса, а также в руслах предгорных, равнинных участков и участков нижнего течения, где резкое уменьшение уклона сильно сокращает транспортирующую способность потока по сравнению с насыщенностью его руслообразующими наносами. Результатом этого является разделение потока на рукава и протоки, т. е. формирование многорукавного русла, находящегося в состоянии непрерывных изменений. Однако наибольшее изменение многорукавного русла происходит на спаде расходов воды, что, видимо, часто связано с уменьшением скорости потока и замедлением движения донных наносов, создающих перенасыщение потока наносами.

На некоторых участках, где транспортирующая способность потока соответствует насыщенности его руслообразующими наносами, обе части выражения «русло управляет потоком — поток управляет руслом» равнозначны. Поэтому русловые процессы на таких участках отсутствуют, они относительно устойчивы. Устойчивое русло на рукава и протоки не делится: поток протекает одним руслом.

На Амударье, Сырдарье, Зарафшане, Чирчике и других реках, не имеющих выраженных конусов выноса, зона аккумуляции наносов распространяется на десятки и сотни километров. Для Амударьи, например, такой зоной является участок нижнего течения и дельта реки ниже Тюямуяна. Гидрометрические измерения показывают, что общий годовой сток наносов Амударьи, составляющий для створа Керки 260—280 млн. т, уменьшается в створе Чатлы

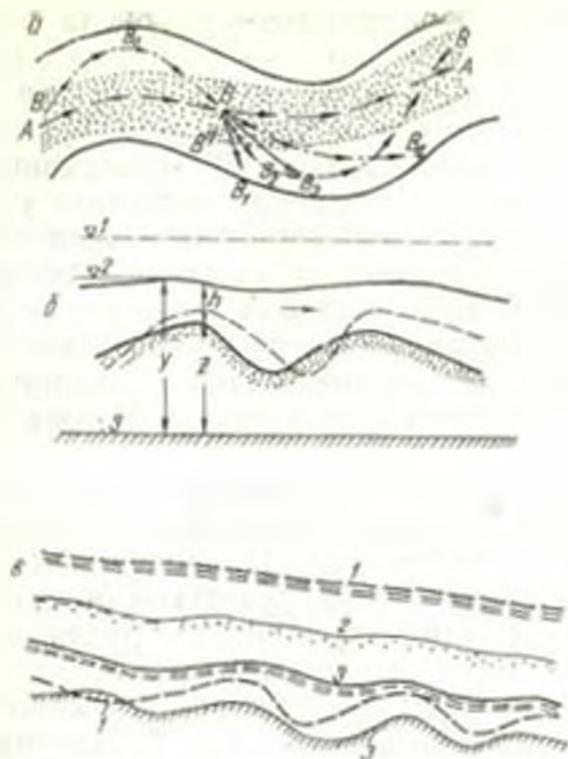


Рис. 13. Схема движения песчаных гряд и бугров (а, б) и схематический продольный профиль реки по Лохти-ху (в):

а — план реки А—В—А — течение в период паводка, В—А—В₁ — течение меженивого периода, В₁—В₂—В₃ — направление потока при спаде паводка (смещение вверх), В—В₁—В₂ — направление потока при подъеме паводка (смещение вниз); б — продольный разрез, А — глубина потока; у — отметка водной поверхности, 1 — отметка дна русла, 2 — уровень высоких вод, 3 — уровень при спаде паводка, 4 — высота сращения, 5 — профиль реки (по Лохтиху), 6 — уровень воды и линия дна в период прохождения максимального паводка, 7 — уровень воды при спаде или при подъеме паводка, 8 — меженивый уровень и линия дна.

(у Нукуса) до 180 млн. т. Частично сток наносов отбирается в каналы оросительных систем, но большей частью отлагается в русле реки.

О систематическом подъеме дна Амударьи в результате отложений наносов в русле свидетельствует то, что она командует над прилегающей местностью и прибрежные территории имеют явно выраженный уклон в сторону от реки. Подъем дна вследствие аккумуляции наносов ограничивает пропускную способность русла. При расходах более 4000—4500 м³/с излишки воды переливаются через береговую кромку. Если учесть поперечный уклон местности, то создается угроза затопления культурных земель. С целью ликвидации такой угрозы вдоль берегов Амударьи ниже Ташсаки построены линии дамб обвалования.

В связи с частыми случаями затопления прилегающей к реке территории дамбы обвалования возводились населением с незапамятных времен вручную и по своим габаритам они не представляли собой надежную защиту от наводнений.

За последнее двадцатилетие берегозащитные дамбы возводятся на основе технических проектов с учетом аварийных уровней воды и необходимых запасов над гребнем дамбы. В наиболее опасных местах дамбы возводятся в несколько рядов с поперечными траверсами.

Строительство дамб ведется механизированным способом с применением бульдозеров, скреперов и экскаваторов, в основном из глинистых и суглинистых грунтов, с расчетом движения по ним автотранспорта.

В Хорезмской области и КК АССР созданы специальные эксплуатационные службы, располагающие необходимым штатом, механизмами и транспортом. Ежегодно производится ремонт дамб и восстановление в случае их разрушения.

На участках аккумуляции наносов интенсивно проявляется боковая эрозия. При меандрическом русле размывы сосредотачиваются вдоль вогнутых берегов излучины. Фокус размыва располагается ниже першины кривой примерно на четверть ширины русла. Более интенсивные размывы берегов вызывают свальные течения при многорукавном русле. Размывы, сопровождаемые смывом культурных земель (посевы, сады, жилые и производственные помещения), ирригационных каналов или прорывом потока в оросительную сеть с затоплением земель в зоне ее командования, отмечались на Карадарье (ниже слияния Тентяксай, у совхоза «Гульбах» и др.), Ахангаране (урочище Кампырульды) и других более мелких реках.

Наибольшая интенсивность размыва свальными течениями отмечается на Амударье, пойма которой сложена супесчаными грунтами. Здесь размыв берегов получил название «дейгиш». Периодически на отдельных участках происходит смыв береговой полосы шириной от нескольких десятков до сотен метров. Суточная интенсивность иногда достигает до 50 м.

Формирование речных русел зависит от характера водного потока, перемещаемых им наносов, подстилающих грунтов. В результате взаимодействия этих факторов создаются формы русла, достаточно отвечающие законам этого процесса.

Непосредственной причиной русловых деформаций служит нарушение баланса так называемых руслоформирующих наносов в поперечном или продольном направлениях, вызывающее изменение поперечных сечений, продольного профиля и конфигурации в плане рассматриваемого участка русла.

Большое значение в теории руслового процесса придается понятию устойчивого русла,

где форма, размеры поперечного сечения, продольный профиль и конфигурация практически не изменяются длительное время.

Поскольку неустойчивость русел большинства рек Средней Азии, обуславливаемая значительной насыщенностью речного потока руслоформирующими наносами, приводит к интенсивному развитию руслового процесса, губительно отражающегося на народнохозяйственной деятельности, необходимо принимать меры по искусственному изменению бытового режима рек путем регулирования их русел.

Путем регулирования русел можно добиться направленного изменения руслообразовательных процессов, рационального взаимодействия потока и ложа, чтобы в результате образовалось и стабилизировалось русло необходимой формы и размеров, удовлетворяющее задаче использования реки в хозяйственных целях. Изучение основных закономерностей формирования русел рек Средней Азии необходимо для прогноза русловых процессов и разработки расчетных методов по определению устойчивых форм поперечного и продольного профилей русел, транспортирующей способности и других параметров потока при проектировании гидротехнических сооружений.

Изучая поперечную циркуляцию в изогнутых руслах, С. Т. Алтуниин на основе натуральных и модельных исследований предложил эмпирические формулы для построения устойчивой излучины (меандры) и определения средней и максимальной глубины на кривой. В середине 40-х годов, развивая идеи Дж. Ласея и В. Г. Глушкова, путем обработки данных гидрометрических створов он получил две эмпирические формулы для определения ширины устойчивого русла:

$$B = A \frac{Q^{0.5}}{I^m}, \quad (1)$$

$$B^m = kH, \quad (2)$$

где Q — расчетный руслоформирующий расход (расход паводка с 3 — 10%-ной обеспеченностью),

I — уклон русла,

H — средняя глубина русла.

Значения параметров A , k и m , полученные С. Т. Алтуниным, осреднены для горных, предгорных и равнинных участков нижнего течения рек (согласно предложенной им гидротехнической классификации участков). Формулы С. Т. Алтунина явились важным вкладом в развитие теории устойчивости речных русел.

Ширина формирующегося русла определяется расходом воды, но не должна превышать определяемую формулой (1), в противном случае поток разделяется на рукава.

Уклон, обеспечивающий протекание заданного расхода воды, при заданных условиях перемещения наносов без разделения на рукава назван автором уклоном устойчивого протекания. Как показывают полученные им формулы, он уменьшается с увеличением расхода воды и увеличивается с повышением скорости течения или нагрузки потока наносами.

Меандрирование, уменьшая уклон пострежью реки, приближает его к уклону устойчивого протекания. Наиболее близок к этому уклон плесовых участков, чем объясняется большая устойчивость русла плесов по сравнению с перекатами.

Таким образом, теория формирования русел рек, выведенная С. Т. Алтуниным, Н. А. Бузуновым, объясняет образование много рукавных и меандрических русел. В исследованиях движения наносов и русловых процессов в натуральных условиях и на моделях участвовали А. Н. Гостунский, С. Х. Абальяни, Р. Р. Абдураулов, Я. А. Никитин, Н. А. Цветкова, А. М. Мухамедов, Х. А. Ирмахамедов, Х. А. Исмагилов, Р. Уркинбаев, В. Е. Тузов и др.

А. Н. Гостунский и С. Х. Абальяни внесли большой вклад в изучение движения взвешенных наносов. Предложенные ими формулы для расчета транспортирующей способности потока нашли широкое применение на практике.

Большая работа была проделана известными инженерами по проблеме проектирования ирригационных каналов, транспортирующих наносы, результатом которой явилось создание расчетных формул для проектирования незаплавляемых и неразмываемых сечений каналов (М. Д. Черкасов, Е. А. Замарин, В. В. Пославский, Г. С. Чекулаев, Г. О. Хорст, А. Г. Хачатрян, С. А. Гиршкан, А. В. Ефремов, Н. Н. Горошков и др.).

Я. А. Никитин предложил эмпирическую формулу для определения расхода донных наносов, в условиях Соха, Зарафшана и других предгорных рек.

На основании исследований горных рек мы установили общую приближенную связь между удельным содержанием донных наносов и расходом воды

$$\rho = A Q^n,$$

где ρ — удельное содержание донных наносов, Q — расход воды,

В ПАМЯТЬ О КРУПНЕЙШИХ СПЕЦИАЛИСТАХ
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ДЕЯТЕЛЯХ, ПРИНИМАВШИХ
АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ В РАЗВИТИИ
ИРРИГАЦИИ УЗБЕКИСТАНА¹

¹ Подробнее см. в приложении



Алексеевский Евгений Евгеньевич

Бурные темпы технического прогресса в ирригации Узбекистана за последние 15 лет неразрывно связаны с именем Евгения Евгеньевича Алексеевского, министра мелiorации и ярдного хозяйства СССР.

При его участии водное хозяйство и мелiorация превратились в отдельную отрасль экономики страны. Он внес большой вклад в создание и развитие Минводхоза СССР, его органов на местах и особенно крупных производственных главков по орошению и освоению целинных земель, капитальной реконструкции и улучшению крупных регионов старопахотных и новых зе-

мель. Для успешного выполнения этих крупномасштабных работ требовались организационно-технические решения, применение передовых методов орошения и освоения новых земель. В разработке этих вопросов, во внедрении технического прогресса в водном хозяйстве Е. Е. Алексеевский сыграл большую роль. Обладая громадным разносторонним опытом, он умело руководил такими крупными строительно-освоенческими организациями, как Главсредазирсовхозстрой, Минводхоз УзССР, проявляя государственную мудрость при решении важных водохозяйственных проблем.



Пославский Виктор Васильевич

Узбекистан — район поливного земледелия с высоко-развитой культурой земледелия.

Узбекистан занимает первое место по количеству орошаемых земель и масштабам водохозяйственного строительства, проводимого на высоком техническом уровне, при широкой механизации и индустриализации работ.

Активное участие в развитии ирригации Средней Азии и Узбекистана принимали многие ученые и специалисты и среди этих замечательных людей виднейший ученый-иригатор академик ВАСХНИЛ, Академии наук Узбекской ССР, Герой Социалистического Труда Виктор Васильевич Пославский.

На примере многогранной научной и производственной деятельности В. В. Пославского можно составить представление об истории развития ирригации в Узбекистане: под его руководством были запроектированы и построены важнейшие водохозяйственные объекты, он участвовал в разработке наиболее крупных проблем использования водных ресурсов бассейна Аральского моря.

В. В. Пославский внес большой вклад в развитие гидротехнической науки и подготовку кадров иригаторов (подробнее о деятельности В. В. Пославского см. в приложении).



Анисимов Шамет Михайлович



Алексеев Александр Иванович



Атабеков Бабаджан



Бабун Марк Яковлевич



Башилов Ефим Андреевич



Бузин Павел Иванович



Гелобородов Владимир Николаевич



Бигатырев Всеволод Яковлевич



Бурукшиев Бурхан Колдарович



Бурдумшани Иван Григорьевич



Напилов Александр Семенович



Вырья Яков Филиппович



Газарьян Носиф Сидракович



Георгиевский Борис Михайлович



Грибанян Иван Игнатьевич



Далалов Ашот Меликсетович



Душин-Барковский Лев Валерианович



Закхидов Абдулхалил Закхидович



Иванов Александр Иванович



Калинжиков Семен Константинович



Кляминский Илья Яковлевич



Каришкин Константин Иванович



Кенесарин Наталья Азимханович



Киселев Михаил Васильевич



Колодкевич Дмитрий Павлович



Костроп Иван Николаевич



Коринченко Александр Александрович



Крутихов Пантелеймон Дмитриевич



Лебедев Носиф Дмитриевич



Лавин Иван Петрович



Мялков Виктор Александрович



Мирзаев Тишабой



Митянов Николай Герасимович



Моржович Дмитрий Николаевич



Мурадов Сулейман Рустамович



Неделькин Сергей Федорович



Николаев Евгений Максимильянович



Палованов Ильяс Акбарович



Писарчик Константин Константинович



Поляков Евгений Васильевич



Попов Владимир Иванович



Пугачев Сергей Васильевич



Пуглев Петр Алексеевич



Рязанов Николай Алексеевич



Риков Петр Иванович



Свиострелов Петр Вячеславович



Сафаров Исмаил



Синявский Клавдий Никанорович



Соколовский Алексей Михайлович



Сукеринк Борис Лаврентович



Супургибеков Казбек Ибрагимович



Терентевский Дмитрий Константинович



Тохтаходжаев Юлдаш



Хорст Георгий Онненфирович



Усманходжаев Бузурук



Ушаков Александр Павлович



Фроликваз Елизавета Яковлевна



Финке Макс Фиделиович



Хакимбаев Халмурза



Хасанханов Муршид



Цветкова Наталья Александровна



Черниловский Иван Иосифевич



Шульи Виктор Львович



Якубджанов Касымджон

A и n — параметры, зависящие от различных факторов.

В 30–40-х годах изучением руслового процесса, особенно разработкой противодейственных мероприятий и берегоукрепительных работ на Амударье, занимались М. В. Потанов, В. А. Шпунян, А. Г. Хачатрян, В. В. Поставский, С. Т. Алтуни, М. С. Вызго, Д. Т. Аташев и др.

С целью изучения механизмов дейгиша и выработки мероприятий по борьбе с этим явлением в 1961–1970 гг. отделом русл САНИИРИ проведены обширные полевые и лабораторные исследования на 30-километровом участке Амударьи ниже теснины Тюямуюн. Средняя многолетняя мутность на этом участке составляет 3 кг/м^3 ; максимальная — 13 и более, многолетний средний сток наносов — 260 млн. т.

В реке непрерывно происходят русловые деформации из-за больших уклонов ($0,00015$ – $0,00025$) и скоростей (до $2,5$ – $3,5 \text{ м/с}$), изменчивости расхода (гидрографа) в течение года, особенно в период паводка (рис. 44), а также сильной подвижности русла, которое сложено из легкоразмываемых мелких песчаных наносов, диаметр фракции не превышает $0,25$ – $0,30 \text{ мм}$, в среднем $0,10$ – $0,15 \text{ мм}$.

Рис. 44. График (А) колебания расхода и горизонта воды в Амударье в створе Тюямуюн (1962 г., Q — расход воды, $\text{м}^3/\text{сек}$, H — горизонт воды, см, p — средняя мутность, кг/м^3) и участок продольного профиля русла реки, полученный эхолотированием (Б).

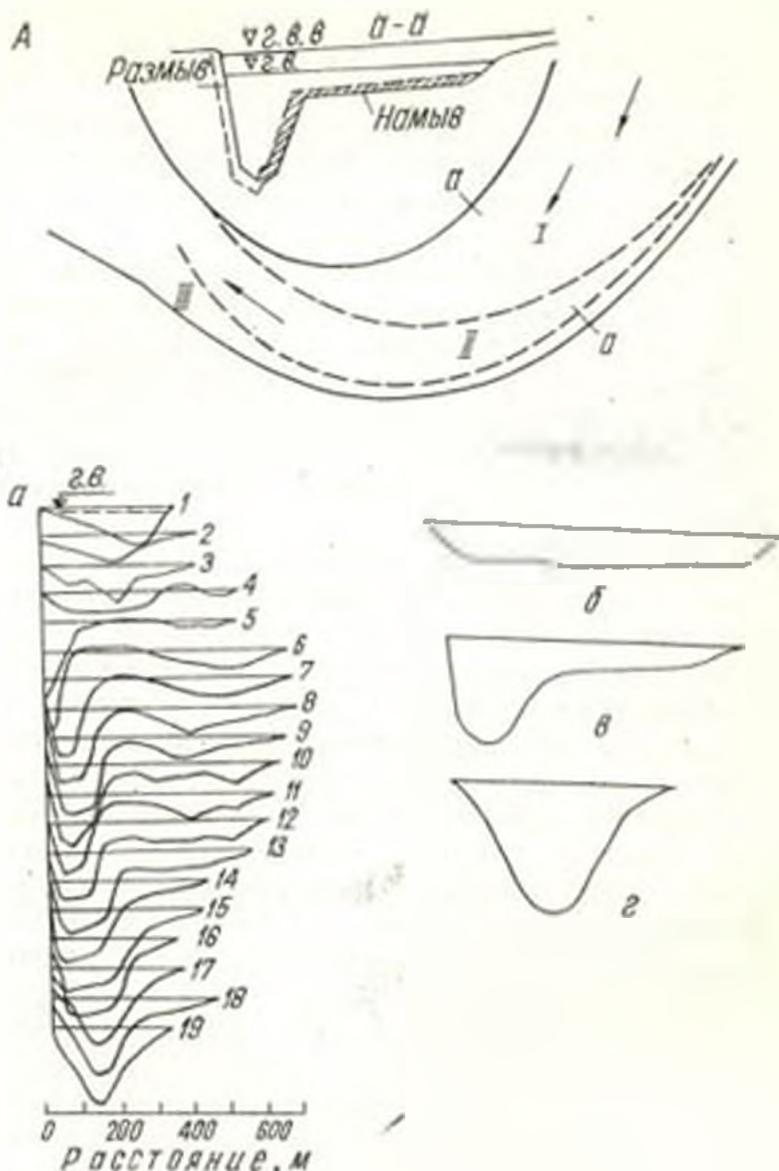
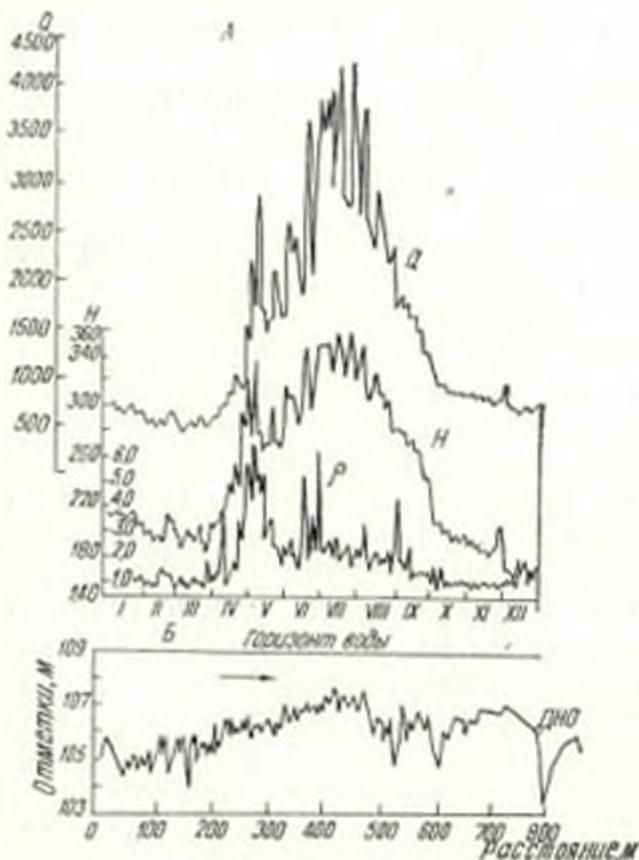


Рис. 45. Схематический план и разрез русла реки (А) на участке дейгиша (I — зона свала потока, II — зона резкого перераспределения скоростей и наносов, III — зона размыва берега) и поперечные профили (Б) русла (а) Амударьи (1–19) на участке дейгиша в районе канала Ташсака на 10 октября 1961 г. (сверху вниз по течению); б — характерный профиль русла перед размываемым берегом, а — на участке размываемого берега, в — ниже размываемого берега. Расстояния между поперечниками равны 200 м.

Наблюдения за характером перемещения донных и придонных наносов показали, что оно происходит в виде песчаных облаков, рифелей и песчаных гряд. Река имеет настолько неустойчивое русло, что не образует закономерных извилин — меандров, характерных для равнинных рек европейской части СССР. Образующиеся извилины по длине русла на участке среднего и начале нижнего течения, где производились наблюдения, носят случайный характер. Неустойчивость русла приводит к образованию свального течения и интенсивному размыву берегов.

Свальное течение в реке тесно связано с резким подъемом и спадом горизонтов, расходов воды и с перегрузкой потока наносами,

характером и формой перемещения их по дну русла (рис. 45).

Нарастание и спад паводка происходят в течение 8—10 суток. Такое пилообразное очертание гидрографа в период паводка — одно из основных условий свала потока в сторону берега и возникновения дейгиша на том или ином участке реки. При спаде расхода воды и снижении уровня в силу неустойчивости русла (в условиях перенасыщенности потока наносами) в нем появляются осередки, подводные отмели, а дно первоначально широкого потока превращается в пойму реки.

Причина возникновения дейгиша — занесение основного русла наносными отложениями при резком спаде уровня воды. Такое занесение, вызывая подпор вышележащего участка реки, приводит к прорыву потока в обход, так как переливающимся через затопленные низкие берега русла протоки при поперечном уклоне поймы в сторону коренных берегов быстро разрабатывают новое ложе. В результате создается мощная струя, движущаяся по уклону, в 1,5—2 раза и более превышающему продольный уклон поймы с повышенными скоростями течения. Струя под сравнительно большим углом атакует коренной берег поймы, сложенный из слабых легкоразмываемых пород. Занесение основного русла наносными отложениями объясняется перенасыщением потока донными и придонными наносами, что является следствием различия скоростей движения поверхностных и донных струй.

Снижение расходов воды в реке на спаде паводка происходит быстрее уменьшения мутности придонных струй, поэтому интенсивный дейгиш появляется именно на спаде паводка, а не на его подъеме.

С целью анализа образующегося свально-го течения потока рассмотрим особенности извилистого течения потока (см. рис. 43).

1. Резкие изменения формы русла происходят всегда в период половодья. В период подъема паводковых вод верхняя часть излучины подвергается усиленному размыву, на перекатном участке же происходит отложение наносов и образуются песчаные гряды.

В период прохождения паводковых вод, заполняющих все русло, основное направление движения наносов в виде гряд и бугров совпадает с движением основного потока на поверхности, т. е. динамической осью потока (линия А—А—А—А). В этот период месторасположение и направление движения гряд наносов должно совпадать с направлением основного потока на поверхности.

В период спада паводка поток меняет направление в соответствии с направлением песчаных гряд (линия В—В₀—В—В₂—В).

2. На извилисто-меандрирующих руслах, как известно, происходит смещение потока вниз при подъеме паводка или смещение потока вверх при спаде уровня воды:

а) когда начинается подъем паводка, гидравлический уклон водной поверхности резко увеличивается, скорость течения стремительно возрастает; так как горизонт воды в нижней части излучины еще не успел подняться, то стержень потока смещается в точку В₄ вниз по течению (В—В₃—В₄);

б) если при снижении уровня воды песчаные гряды, образовавшиеся при подъеме паводка, окажутся довольно высокими (сравнимыми с глубиной потока), то в период спада направление потока изменится в соответствии с направлением песчаных гряд, причем направления потока и песчаных гряд образуют между собой угол В—В' (лабораторными исследованиями установлено, что гребни поперечных песчаных гряд составляют некоторый угол в сторону излучины).

Когда скорость потока больше, течение несколько отклоняется вниз по руслу, образуя угол В—В₁.

Поскольку песчаные гряды образуются в период подъема паводка, то в период спада воды направление потока изменяется под некоторым углом к песчаным грядам или же несколько отклоняется к излучине, смещаясь вверх по течению. В этом заключается смещение потока вверх по течению при спаде паводка (В—В₁—В₂).

Таким образом, песчаные гряды на перекате образуются в период подъема паводка (особенно на пике) и смываются при его спаде.

3. Свал потока возникает на перекате во время размыва песчаных гряд. Когда скорость понижения уровня воды намного превышает скорость понижения верха песчаных гряд (за счет их размыва), на поверхности воды образуются впадины волны.

Гидравлический уклон водной поверхности на перекате в сторону излучины резко увеличивается. В это время скорость течения над песчаными грядами и буграми приближается к критической и вследствие значительной крутизны уклона водной поверхности песчаные гряды подвергаются усиленному размыву. Продукты размыва в виде косы интенсивно продвигаются с переката к излучине (плесу) и прижимают прибрежное течение к излучине. Этому способствует увеличение поперечной составляющей скорости пото-

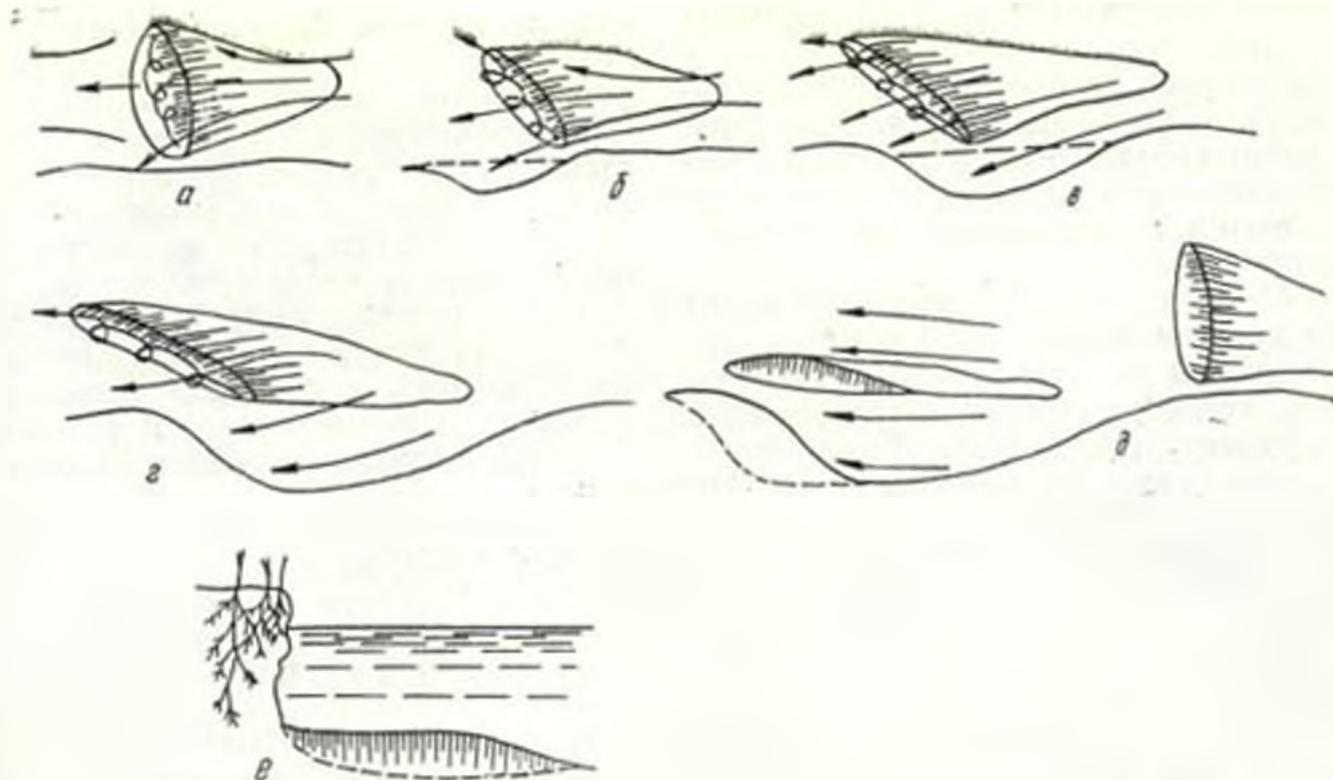


Рис. 46. Схема дейгиша в русловом лотке:

а — при зарождении дейгиша (отклонение струй потока в направлении берега), б — развитие дейгиша — начальная фаза размыва и перемещения продуктов смыва в подмылье гряды, в — стадия интенсивного дейгиша и увеличение размеров гряды, г — затухание размыва, сработка и уменьшение рифели, д — превращение действующего дейгиша и зарождение нового очага размыва, е — участок размываемого берега реки.

ка в сторону излучины (направление $V-V'$) по сравнению с продольной составляющей скорости, а равнодействующий вектор скорости совпадает с направлением $V-V_1$ свального потока.

Спустя некоторое время сечение русла изменяет форму, как показано на поперечном сечении $a-a$ (рис. 46) пунктирной линией. В этом случае на излучине (плесе) по мере размыва глубина потока будет увеличиваться, основной поток большей частью будет протекать в зоне наибольшего размыва с большими погонными расходами. Это и будет свалом потока. Кроме того, такой свал будет усиливаться при спаде наводка благодаря интенсивному отложению крупных фракций наносов и опусканию в придонные слои потока части взвешенных наносов по направлению главного течения.

Размыв берега и в паводок, и в межень происходит с различной интенсивностью с периодическим затуханием и усилением. На подъеме уровня воды дейгиш, затухая, временно прекращается, а при спаде возобновляется и усиливается.

При дейгише поперечная форма русла реки на участке размываемого берега имеет свои особенности. Поперечный профиль русла реки выше размываемого берега имеет корытообразную форму, ниже параболическую, а на участке дейгиша поперечная форма русла

образуется за счет сочетания двух форм — корытообразной и параболической.

Можно представить общую плановую и поперечную схему русла на участке дейгиша.

В первой зоне водный поток, скатываясь с переката с большими скоростями, движется под некоторым углом, встречается с потоком, который протекает во второй и третьей зонах параллельно размываемому берегу. При встрече этих потоков во второй зоне происходит резкое перераспределение скоростей и изменение направления движения потока, при этом выпадают донные наносы, часть их перемещается в виде надвигающейся косы. Надвигающаяся коса — главная причина интенсивного размыва берега. Размеры второй зоны по ширине уменьшаются.

Частичное перемещение наносов вниз по течению происходит по откосу надвигающейся косы из-за донной поперечной циркуляции (винтовым потоком), возникающей за счет перелома линии дна от первой зоны ко второй. Стержень потока смещается и приближается к размываемому берегу, отчего скорость потока у берега увеличивается, берег начинает интенсивно размываться.

Смытый грунт с подводного откоса третьей зоны перемещается тоже в виде косых гряд, наносов, направленных от берега в сторону русла реки вниз по течению, при обтекании которых поток вторично ударяется о

берег, размыв усиливается, а затем продукты размыва полностью выносятся за пределы размываемого участка берега. Поскольку ширина третьей зоны определяется подводным откосом размываемого берега, то в зависимости от интенсивности действия с изменением крутизны откоса размываемого берега меняется ширина зоны.

Таким образом, в первой зоне происходит транспорт наносов, движущихся в реке в состоянии влечения по дну; во второй отмечается их частичное отложение; в третьей происходит процесс размыва берега, за счет чего восстанавливается прежняя нагрузка потока донными наносами, от которых поток частично освободился во второй зоне. В таком случае величина объема смыва будет соответствовать объему отложившихся наносов во второй зоне. Следовательно, по нашей схеме в процессе действия сначала происходит частичное или значительное отложение донных наносов, поступающих сверху (зачисление основного русла), а затем в результате смещения фарватера и увеличения скорости происходит размыв берега, т. е. размыв в результате отложения.

Для уменьшения интенсивности размыва берега и ослабления свального течения в русле необходимо регулировать наводковый сток воды путем строительства водохранилищ значительных емкостей, чтобы можно было выровнять скачкообразный наводковый гидрограф реки. В этом случае можно получить нормальное извилистое русло, слабоизменяющееся в течение года, и тем самым избежать угрожающих опасных свальных течений.

На основании анализа действия разработаны главные принципы борьбы и методы регулирования русла, составленные на опыте проведения русловыправительных и защитных мероприятий с созданием в плане формы криволинейного меандрирующего русла. Элементы русла выправляемого участка могут быть рассчитаны путем анализа данных гидравлических элементов устойчивого меандрируемого участка Амударьи в нижнем течении, т. е. на одной меандре при длине около 10 км, ширине в среднем 800—900 м для расходов 3000—4000 м³/с.

Один из видов русловыправительных и защитных сооружений—система сквозных железобетонных конструкций (из свай) в виде поперечных шпор, а также монолитные шпоры. Они влияют на характер протекания потока у защищаемого берега и способны изменить направление течения; с их помощью перераспределяется кинематическая энергия по

тока по шпорам. Принцип действия систем из сквозных шпор состоит в том, что каждая шпора в системе, стесняя живое сечение потока, затормаживает его движение, т. е. отклоняет часть воды и тем самым уменьшает погонный расход, следовательно, и среднюю скорость (кинетическую энергию) за шпорой на занятой ею ширине живого сечения.

В результате в застроенной системой прибрежной полосе, а также перед системой и за ней устанавливаются малые скорости течения и уклоны водной поверхности, вследствие чего берег на указанном участке может быть не только защищен от размыва, но и занят осаждающимися наносами. Такое двустороннее регулирование русла меандрирующей формы со слабой кривизной с помощью системы поперечных сквозных конструкций должно обеспечивать устойчивое протекание и транспорт наносов.

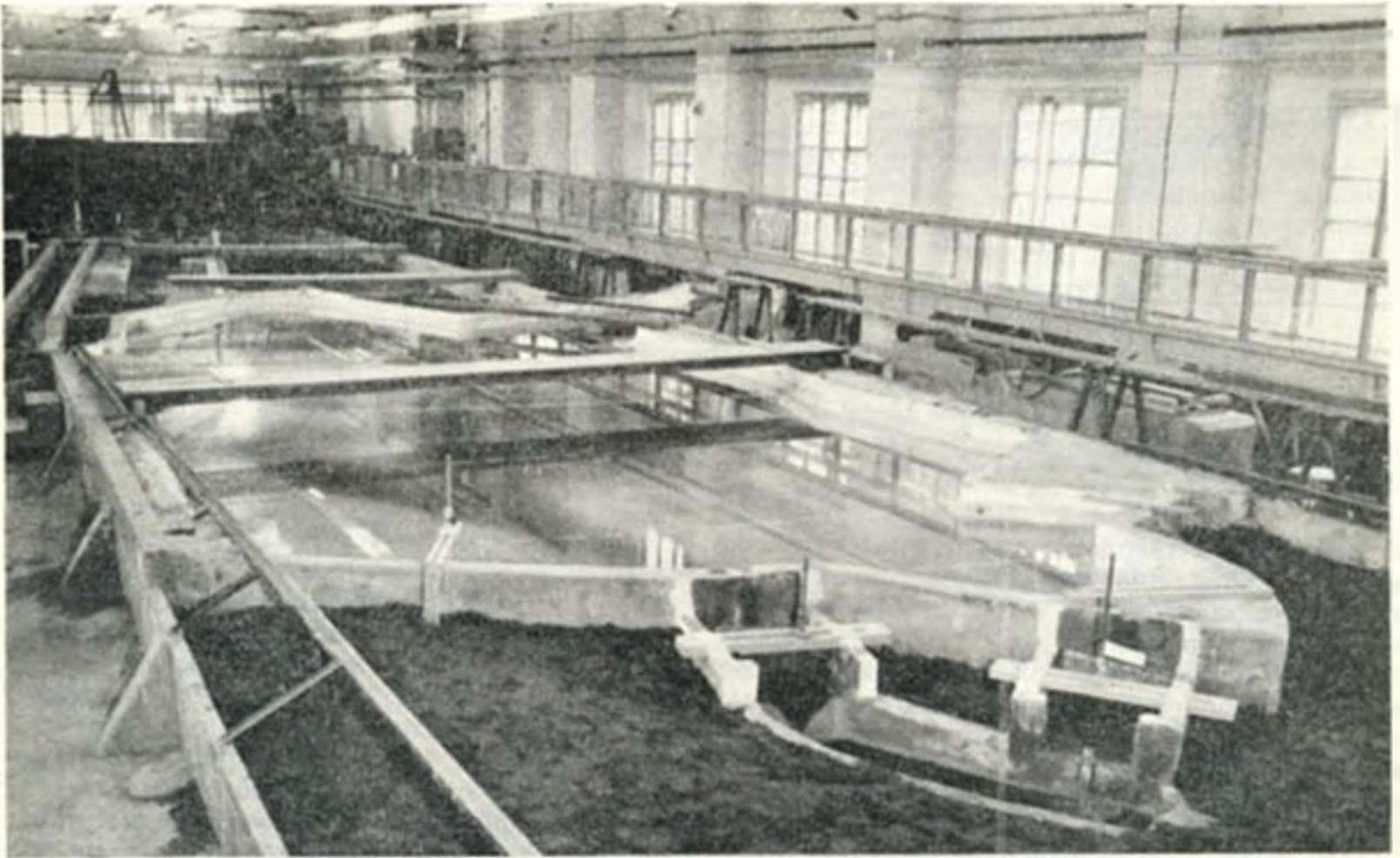
В отделе русл САНИНРИ разработана методика моделирования и гидравлического расчета сквозных шпор, позволяющая определить перепад давлений, глубину местного размыва, местные сопротивления у шпор, угол растекания потока за шпорами.

В результате теоретических проработок и экспериментов определены коэффициенты местного сопротивления сквозных шпор в зависимости от коэффициента застройки, степени стеснения ширины потока и угла свала, пропускная способность сквозных шпор, скорость течения потока ниже сквозной шпоры, угол растекания потока в зависимости от угла установки шпоры и других факторов, глубина местного размыва между сваями, а также в головной части сквозной шпоры. Эти определения позволяют с достаточной точностью проанализировать изменения гидравлических элементов потока при сквозных шпорах.

Разработана методика прогнозирования максимально возможной глубины местного размыва у оголовков глухих массивных шпор на основе изучения кинематики потока, а также расчета расстояния между шпорами при плановой компоновке их на основе теории турбулентных струй.

Изучение режимов работы русловыправительных прорезей, выполненных на Амударье, позволяет утверждать, что борьба с действием с помощью спрямляющих прорезей — мера, которая рациональна в районе каналов Клычбай, Ташсака и на участке Аккум Гурленского района Хорезмской области УзССР, но она не всегда дает положительные результаты.

Под регулированием русла путем спрямления излучины понимается отвлечение части расходов воды от действующего участка в



Русловая лаборатория в САННИРИ

целях ослабления размыва берегов. Этот способ основан на использовании силы речного потока, который образует русло требуемой формы.

В нижнем течении Амударьи произведено 8 спрямлений, из которых 6 дали эффект: в районе водозаборов Клыбчай (1967, 1974 г.), Ташсака, Пахтаарна (1970 г.), у г. Турткуль (1974 г.), а также в районе урочища Алибаба-Динг (1971 г.), Аккум (1971 г.) и Бадай-Тугай (1971 г.).

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛАХ

Всякое искусственное изменение естественного режима жидкого и твердого стока вызывает изменение руслового процесса. Повышение уровня воды в результате подпора плотинной вызывает уменьшение скоростей течения и транспортирующей способности потока, следовательно, и отложение наносов. Но отложение наносов, вызывая подъем дна, уменьшает глубину. Следовательно, по мере отложения наносов скорости течения и уклон водной поверхности в зоне подпора должны возрастать, что приводит к удлинению кривой подпора.

В нижнем бьефе поток, содержащий меньшее количество наносов, производит размыв русла, вызывая понижение дна, увеличение глубины воды и уменьшение скорости течения и продольного уклона. Однако продукты размыва русла, превращаясь в наносы, постепенно насыщают поток, вследствие чего участок размыва имеет ограниченную длину. Наиболее резко эти явления, называемые процессом перестроения, проявляются в бьефах водозаборных гидроузлов после их постройки (рис. 47, 48, 49).

Водозаборные плотины на реках создают подпоры бытовых уровней в несколько метров (исключением является Фархадецкий гидроузел на Сырдарье высотой до 22 м). Назначение их — обеспечивать водоподачу с минимальным завлечением донных наносов в отводящие каналы. Емкость подпорного бьефа велика и для регулирования жидкого стока, как правило, не используется.

После строительства водозаборной плотины на реке можно условно выделить три периода формирования русла верхнего и нижнего бьефа.

В первый период основное влияние на русловую процесс оказывает нарушение режи-

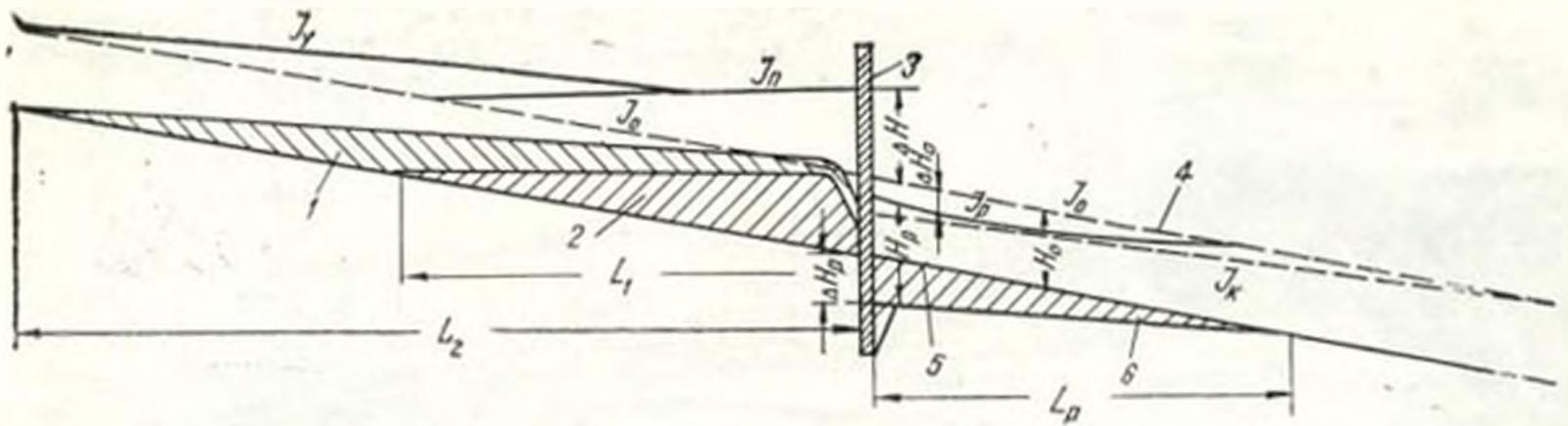


Рис. 47. Общая схема заиления верхнего бьефа и размыва русла в нижнем бьефе плотины:

1 — занесение взвешенными наносами, 2 — заиление взвешенными наносами, 3 — плотина, 4 — былой горизонт воды, 5 — дно до размыва, 6 — после размыва.

ма жидкого и твердого стоков, вызываемое подпором. Оно приводит к занесению верхнего бьефа и размыву нижнего. Занесение верхнего бьефа происходит в основном за счет отложения донных наносов. При больших подпорах в наиболее глубокой части бьефа возможно осаждение взвешенных наносов (занлепие). Отложение донных наносов имеет характер гряды (или накладывающихся друг на друга гряд — размыв отложения), которая возникает в створе первоначального выклинивания кривой подпора и распространяется вверх и вниз по течению. Наблюдается удлинение кривой подпора и повышение уровня воды за счет отложения наносов над поймой и берегами. Нижний конец гряды постепенно достигает подбросной плотины, верхний — створа выклинивания кривой подпора, перемещающегося с изменением ее длины (в течение года положение створа выклинивания кривой подпора

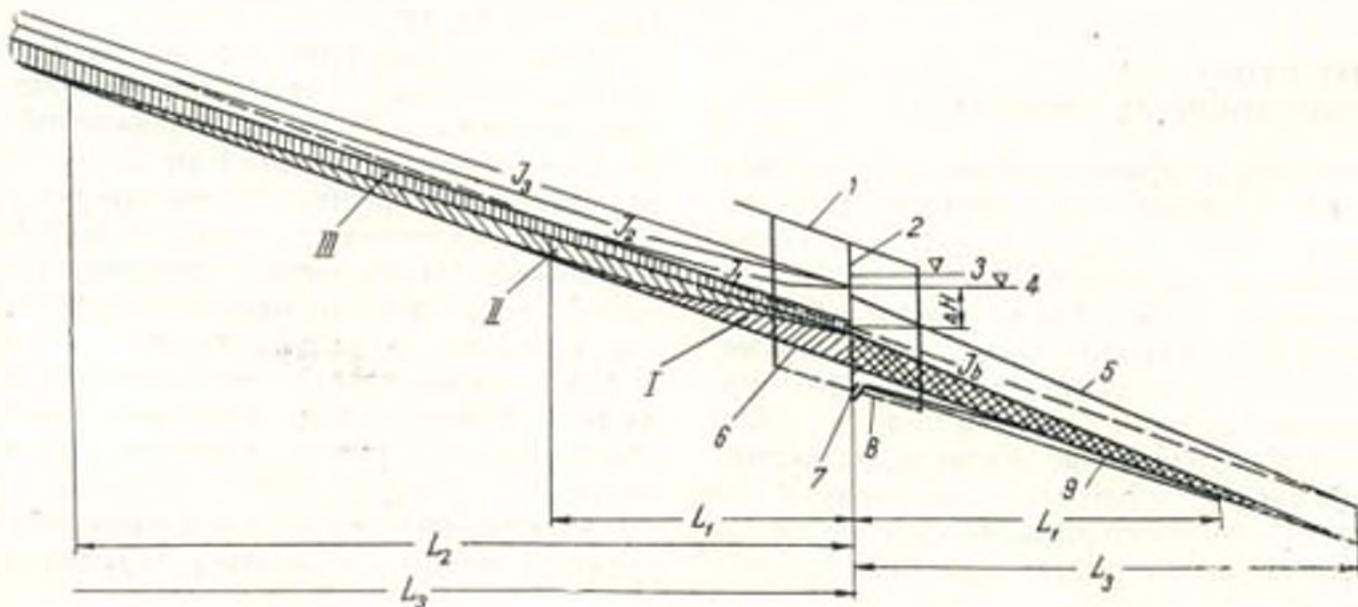
изменяется с изменением расхода воды в реке и уровня ее у плотины).

Размыв русла в нижнем бьефе начинается за рисбермой плотины (за пределами воронки местного размыва) и распространяется вниз по течению на длину, определяемую насыщенностью сбросных расходов до их транспортирующей способности. Наибольшее снижение уровня дна и уменьшение уклона наблюдается вблизи рисбермы. Вначале преобладает размыв дна (глубинная эрозия), затем в гравелисто-галечниковых грунтах отмостка крупными фракциями, потом усиливается размыв берегов (боковая эрозия).

Интенсивность размыва русла в нижнем бьефе определяется величиной сбрасываемых расходов и их насыщенностью наносами. После подхода гряды наносных отложений к отверстию водосбросной плотины насыщенность быстро увеличивается.

Рис. 48. Продольный профиль реки у вололаборного узла с указанием занесения и размыва русла по периодам I, II, III (схема расчета переформирования по С. Т. Алтушину):

1 — верх дамб, 2 — плотина, 3 — МПГ, 4 — НПГ, 5 — Г. в. после занесения, 6 — бытовое дно, 7 — размыв, 8 — низ абсциссии, 9 — занесение.



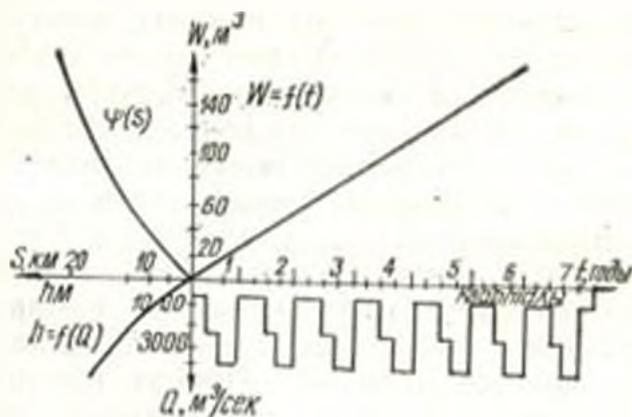


Рис. 49. Графики в расчету продолжительности занесения нижнего бьефа гидроузлов.

Второй период характеризуется усиленным поступлением в нижний бьеф не только взвешенных, но и крупных фракций донных наносов. Гряда отложений в верхнем бьефе достигает водоприемных сооружений. Начинается отложение в нижнем бьефе, сопровождающееся подъемом дна, восстановлением осредненных бытовых отметок русла и увеличением уклона.

Отложение наносов, начинающееся в начале участка размыва, где уклон, скорость течения и транспортирующая способность наименьшие, имеет характер конуса выноса, высота и длина которого постепенно увеличиваются. В первый период длина отложений меньше длины размыва, за их границей размыв продолжается.

Третий период наступает тогда, когда расход сбрасываемых через плотину донных наносов станет равным транспортирующей способности потока в бытовых условиях в конце участка размыва и размыв полностью прекращается. Начинается занесение нижнего бьефа, причиной которого служит нарушение режима жидкого стока водозабором, так как транспортирующая способность потока в нижнем бьефе вследствие уменьшенных расходов воды недостаточна для транзита наносов, поступающих через плотину. Кривая подпора в верхнем бьефе все еще удлиняется за счет задержания наносов более крупных фракций, повышаются отметки уровня воды и отложений до полного занесения верхнего бьефа (выше НПУ). Наблюдается частичное или полное занесение отводящего русла с формированием конуса выноса отложений.

Процессы занесения верхнего бьефа и размыва нижнего носят затухающий характер, связанный с физическими пределами. Занесение нижнего бьефа вначале носит прогрессирующий характер, но при транзите через плотину всего бытового стока наносов интенсив-

ность его ослабевает за счет удлинения конуса отложений. Теоретически физического предела процесс занесения нижнего бьефа не имеет.

На ход переформирования верхнего бьефа влияют также промывки верхнего бьефа от отложений наносов, чередование лет различной водности, а также характер эксплуатации водозаборной плотины (маневрирование отверстиями цитовой плотины и промывными отверстиями).

Указанный характер руслоформирования бьефов отмечен и на предгорных, и на равнинных участках рек.

Для гидроузлов на предгорных участках рек, по обследованиям Г. А. Тер-Абрамянца, характерны озеровидные бьефы, блуждание русла, отложение крупных наносов на отметках выше НПУ, расположение высоких отложений с крутыми откосами в непосредственной близости от порога плотины и водоприемных сооружений (Самурдивичинский гидроузел и др.), проникновение наносов в отводящие каналы.

На предгорных участках рек работу водозаборной плотины и русловые процессы можно кратко охарактеризовать данными из практики эксплуатации первых плотинных гидроузлов на реках Средней Азии.

В результате общего размыва русла, не учтенного проектом, в нижнем бьефе Первомайской плотины (и в ряде других плотин) образовался «отогнанный прыжок», вызвавший местный размыв дна у рисбермы на глубину до 6,0 м, что потребовало больших ремонтно-восстановительных работ. Занесение верхнего бьефа Первомайской плотины и других гидроузлов причинило серьезные затруднения в обеспечении безнаосного подзавора. Удлинение кривой подпора вследствие занесения вызвало удлинение фронта берегозащитных работ, так как наиболее интенсивный подъем дна, следовательно, и блуждание потока наблюдались в створе выклинивания кривой подпора.

У Газалкентской плотины на р. Чирчике за 10 лет эксплуатации длина призмы отложений в 2 раза превышает исходную длину подпора. Дно реки на расстоянии 1,5—2,0 км от створа плотины поднялось на 4—5 м.

Боковой подход потока к водосбросной плотине образует зоны подворотов у бычков, снижает пропускную способность отверстий, при этом крупные наносы попадают в пазы затворов. Поэтому при широких бьефах необходимо организовать подход потока к водоприемнику с помощью струенаправляющих дамб верхнего бьефа и обеспечить смыв на-

посов перед порогом водоприемника, что осуществлено на Газалкентском и других гидроузлах.

Таким образом, на предгорных участках рек для обеспечения нормальной работы водозаборного гидроузла необходимо регулирование русла верхнего и нижнего бьефов путем устройства специальных струенаправляющих дамб и сооружений, а также разработка эксплуатационных мероприятий с учетом принципа компоновки каждого гидроузла.

На равнинных участках рек также необходимо возведение дамб обвалования для защиты земель от затопления, которые могут иметь большую протяженность. К водозаборным плотинам на равнинных участках рек относятся Кызыл-Ординская и Казалинская плотины в низовьях Сырдарьи, Тахиаташская на Амударье и ряд других.

Опыт эксплуатации и модельные исследования низконапорных водозаборных плотин показывают, что заиление их верхнего бьефа происходит в весьма короткий период, за несколько лет, поэтому в магистральные каналы будет поступать вода, по мутности близкая к речной.

Важное значение приобретает правильное регулирование верхнего бьефа (достаточная длина подводящего канала, устройство струенаправляющих дамб, ликвидирующих отрицательные последствия одностороннего подхода потока), обеспечение возможности промыва наносов из него и предотвращение завала нижнего бьефа наносами.

Одна из целесообразных схем эксплуатации низконапорных водозаборных плотин для этих условий — создание возможно большего подпора на подъеме паводка в период прохождения воды большой мутности для осаждения донных и придонных (песчаных) наносов в пределах подпертого бьефа.

При наступлении паводка необходимо постепенно снижать горизонты воды до нормальных, а в период прохождения пика паводка снизить их еще больше (учитывая, однако, необходимость обеспечения забора плановых расходов воды) для промыва верхнего бьефа. При такой схеме эксплуатации уменьшается возможность непрерывного отложения наносов в верхнем бьефе, обеспечивается их самопромыв, несколько уменьшается возможность завала нижнего бьефа и достигается транспортировка наносов вниз по отводящему руслу (В. В. Послауский).

Опыт эксплуатации водозаборных плотин и модельные исследования для ряда проектируемых гидроузлов (А. М. Мухамедов, Х. Ш. Шапиро, Г. А. Тер-Абрамянц и др.)

показывает, что одно из важных мероприятий по эксплуатации водозаборных плотин на предгорных и равнинных участках рек — периодический промыв бьефов от отложений. Рассмотрим этот вопрос более детально.

Промыв бьефов плотинных водозаборных узлов производится для удаления из верхней части бьефа наносных отложений в случае, когда они затрудняют водозабор в каналы или снижают эффективность борьбы с заилением донных наносов. Иногда промывка производится для удаления наносных отложений, образовавшихся в нижнем бьефе сбросной плотины, если они вызывают нежелательный подпор узла со стороны нижнего бьефа или препятствуют транзиту наносов сбросными расходами.

Впервые в Средней Азии промыв верхнего бьефа проведен в 1942, 1946—1948 гг. на Газалкентском гидроузле на Чирчике, где (В. С. Баумгарт, Д. Я. Соколов, А. М. Мухамедов) образовавшиеся гравелисто-галечниковые отложения отеснили речной поток от водоприемника, в результате чего в процессе водозабора в деривационный канал стали интенсивно завлекаться не только крупные фракции песка, но также гравий и галька.

Систематическим промывом можно сохранить стационарность характера течения в водоеме для создания благоприятных условий подхода потока к фронту водоприемников, предотвратить завал наносами входных частей и отверстий донных промывных галерей и другие стихийные проявления потока.

Промывка нижнего бьефа велась на Камырраватской и Верхнезарафшанской плотинах. На первом русле она производилась дважды, чтобы отдалить от плотины наносные отложения, затрудняющие правильную работу узла, образовавшиеся на выходе из зарегулированного отводящего русла, в широкую пойму реки (Ф. Ш. Ишаев). На Верхнезарафшанском гидроузле промывка нижнего бьефа производилась после изучения ее на модели (Р. Р. Абдураупов). Наблюдения показали достаточную близость экспериментов к натуре. Методика расчета промыва нижнего бьефа пока не разработана.

Х. А. Ирмухамедов (САННИРИ) исследовал на примере Учкурганской ГЭС кинематическую структуру турбулентного потока в водоводе методом скоростной кино съемки, позволяющей установить причину попадания в турбинные отверстия большого количества донных наносов; затем дал рекомендации по методике промыва верхнего бьефа, сокращению захвата наносов в водоводы турбин.

В связи с резким увеличением забора воды на орошение из Амударьи возникает задача, связанная с возможностью использования береговых водохранилищ большой емкости, предназначенных для сезонного регулирования стока, одновременно в качестве накопителей, например, Зендекого на левом берегу, Одырдагского и Каршинского — на правом в проектируемом Кызылаякском гидроузле.

На строящемся Тюямуюнском гидроузле, который будет иметь значительно больший подпор, чем Тахнатанский и Кызылаякский (16—18 м против 5—6 м), предусмотрено создание аккумуляющих емкостей общим объемом 5,7 млрд. м³, из них русловое 2,4 и три наливных 3,3. В проекте гидроузла предусматривается два режима работы: с постоянным горизонтом (НПУ) для обеспечения выработки электроэнергии на приплотинной ГЭС и со снижением в период наводка для предотвращения занесения его чаши (предложение В. В. Пославского). При первом будет происходить интенсивное занесение верхнего бьефа и общий размыв русла в нижнем бьефе, который по прогнозу может достигнуть 7—8 м, при втором — размеры общего размыва в нижнем бьефе будут уменьшаться, при этом возможно отложение более крупных песчаных фракций в отводящей части плотины.

Таким образом, регулирование русловых процессов и твердого стока при водозаборе на равнинных участках р. Амударьи достигается применением комплекса мероприятий. Зачастую возникает необходимость в специальном подходе, связанная с особенностями рассматриваемого объекта и сложившимися условиями эксплуатации.

Изучение процессов реформирования бьефов гидроузлов Узбекистана (и Средней Азии) начали Д. Я. Соколов (1932—1946 гг.), В. С. Баумгарт (1941—1943 гг.) и С. Т. Алтуни (1945—1946 гг.). На основании собранных материалов они не только дали характеристику этих процессов, указали на возможные неблагоприятные последствия, но и доказали необходимость регулирования речного русла вблизи гидроузла.

Для обеспечения нормальной работы водозаборной плотины необходимо регулирование русла в верхнем бьефе, сужение его до устойчивой ширины, которая может быть определена по формулам (1) и (2) С. Т. Алтунина. Суженное зарегулированное русло необходимо также в нижнем бьефе для наибольшего удаления от узла наносов, образующихся в процессе занесения нижнего бьефа

(подробнее о регулировании русла см. гл. XIX).

С. Т. Алтуни предложил метод прогноза процесса реформирования бьефов, который использовался при составлении проектов гидроузлов.

Для приближенных расчетов процессов реформирования русла он дал следующие эмпирические формулы:

$$L = K_1 \frac{H}{J}, \quad (3)$$

$$J_p = K_2 I, \quad (4)$$

$$J_2 = K_3 I, \quad (5)$$

L — длина кривой подпора в верхнем бьефе,

H — подпор на гидроузле,

I — средний уклон бытового русла на участке гидроузла,

I_1 и I_2 — уклоны в створе рисбермы при общем размыве и занесении нижнего бьефа;

K_1 , K_2 и K_3 — опытные коэфф. (рис. 50).

Уточнение формулы (3) было проведено В. П. Шолоховым, разделившим кривую подпора L на участки с разной величиной уклона.

Более точную методику прогнозных расчетов по определению отметок уровней и дна по длине участков занесения и размыва предложили в начале 50-х годов С. Т. Алтуни и Н. А. Бузунов. В основу этой методики положено предположение, что в процессе реформирования в бьефах формируется устойчивое русло шириной, определяемой формулой (1), при среднем расходе половодья (для нижнего бьефа — за вычетом водозабора) и уклоном, определяемым условиями транзита наносов.

Кроме того, авторами введено допущение, что кривая подпора на участке занесения и кривая спада на участке размыва могут быть описаны параболой. Это позволяет определить длину подпора или спада при известных подпоре или снижении уровня и уклоне водной поверхности на начальном и конечном створах. Эти уклоны вычисляются как уклоны устойчивого протекания¹ при среднем расходе половодья, исходя из условий движения наносов.

По вычисленным уклонам для расчетных створов можно определить глубину и ширину

¹ Алтуни С. Т. Регулирование русла. М., Сельхозиздат, 1962.

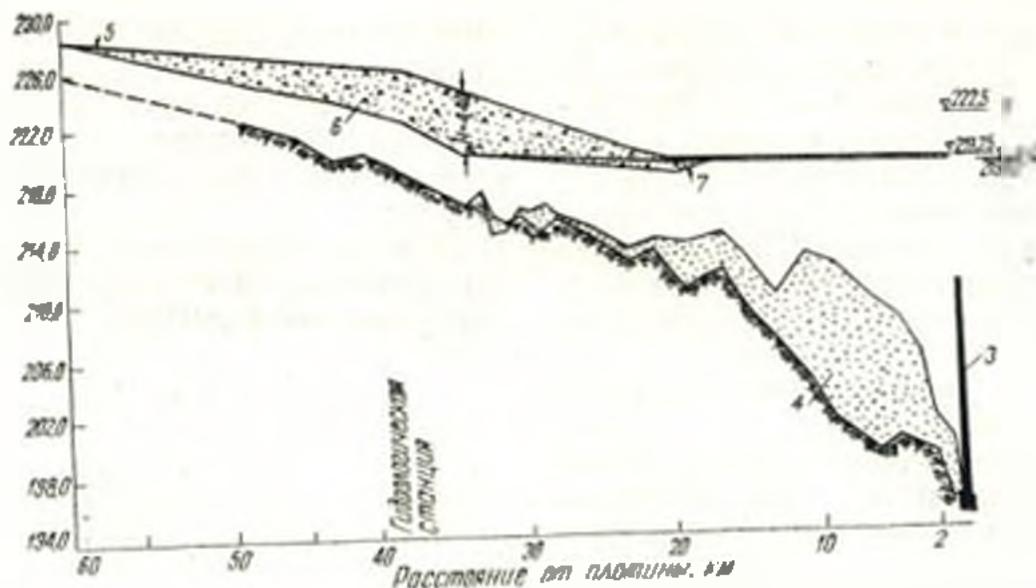


Рис. 50. Продольный профиль верхнего бьефа плотины с показанием летних и зимних кривых подпора и отложения слоя шуги под ледяным покровом при расходе $Q = 400 \text{ м}^3/\text{сек}$ и нормальной отметке горизонта воды у плотины по наблюдениям в зиму 1949—1950 гг.:

1 — верх земляной плотины, 2 — отметки горизонта воды, 3 — плотина, 4 — заиление (с 1943 по 1949 г.), 5 — максимальный зимний горизонт, 6 — осенняя кривая подпора, 7 — головы зазора.

устойчивого русла, а также годовой сток наносов.

Во ВНИИГиМ на основе многолетних полевых и модельных исследований (А. Г. Хачатрян, Х. Ш. Шапиро, Г. А. Тер-Абрамянц, З. И. Шарова и др.) разработаны методы расчета заиления и промыва ирригационных отстойников и водохранилищ, расчета транспортирующей способности каналов, регулирования русла и режима наносов при водозаборе и другие, получившие широкое распространение в практике проектирования и эксплуатации многих водохозяйственных объектов в Средней Азии, особенно на Амударье, в зоне Каракумского канала. Эти методы основаны на выявленной закономерности в распределении по крупности насыщающих поток наносов и использовании дифференцированного пофракционного расчета скоростей осаждения.

Ф. Ш. Мухамеджанов использовал полученную эмпирическую связь между мутностью и средней гидравлической крупностью взвешенных наносов и дифференциальное уравнение деформаций речного русла, предложенное И. И. Леви. Путем интегрирования этого уравнения численным методом были построены вспомогательные графики, позволяющие определять отметки уровня воды и дна на участках занесения и общего размыва для различных интервалов времени. Графики были использованы при прогнозных расчетах в проекте Тахиаташского гидроузла.

К. С. Лапшенков, предлагая для расчетов размыва и занесения нижнего бьефа метод, идентичный методу С. Т. Алтунина и И. А. Бу-

зунова (его метод отличался формулами для определения уклона и элементов устойчивого русла), использовал для расчета занесения и заиления верхнего бьефа установленную им по натурным данным линейную зависимость между годовым количеством наносов, сбрасываемых в нижний бьеф, и объемом отложений в верхнем бьефе. Эта зависимость приводит к экспоненциальной формуле, выражающей изменение объема подпорного бьефа по времени:

$$V_t = V_0 e^{-\epsilon t}, \quad (6)$$

где V_0 — предельно заняемый объем (объем бьефа минус объем русла, формирующегося к концу занесения),

ϵ — характеристика заняемости, зависящая от годового стока наносов (предельно заняемого объема и начальной степени заиления),

t — период эксплуатации гидроузла, годы.

Наряду с этим он разработал метод расчета занесения верхнего бьефа, основанный на учете распределения фракций донных наносов в зоне подпора по крупности.

Р. Р. Абдураулов предложил метод расчета занесения нижнего бьефа, основанный на предположении, что продольный профиль призмы отложения с достаточной для практики точностью можно схематизировать по форме треугольника, что позволяет определить продолжительность процесса при известных величинах уклона, глубины воды и стока наносов с помощью уравнения баланса. Он рекомендовал графический метод,

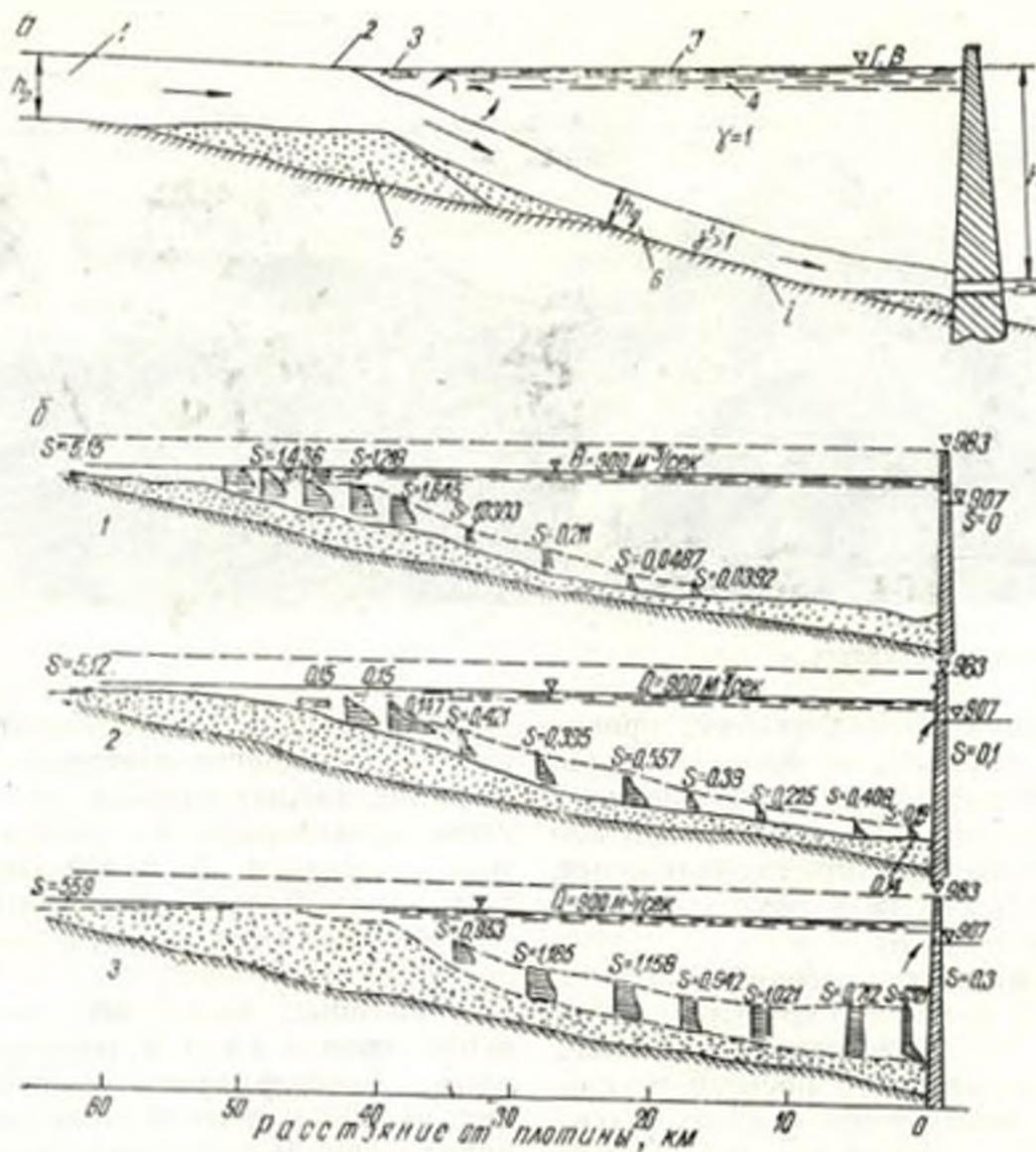


Рис. 51. Схема образования донного потока:

а — общая схема: 1 — русловый поток, 2 — точка погружения мутной воды, 3 — скопление мусора, 4 — чистая вода, 5 — нос выноса крупных наносов, 6 — плотный остаток, б — на модели гидротранспорта, продольные профили: 1 — через 5 лет, 2 — через 10 лет, 3 — через 20 лет, S — муниность, кг/м³.

идея которого была ранее предложена Н. И. Леви (рис. 51).

Имея график связи расхода и глубины воды в бытовых условиях или после размыва дна в нижнем бьефе и задаваясь интервалом времени, можно определить твердый сток, глубину потока, длину призмы отложений к концу интервала и подъем уровня воды по времени.

На основе полевых и модельных исследований мы разработали методику расчета промыва верхнего бьефа, позволяющую выбрать наиболее целесообразную величину промывного расхода и определить необходимую продолжительность промыва. Эта методика была использована при проектировании и промыве ряда объектов в Средней Азии.

Несколько иная методика расчета промывки предложена Ф. Ш. Мухамеджановым.

После возведения на реках крупных гидроузлов, создания подпора шугоходы и ледоходы в верхних бьефах приводят к образованию мощных зажоров и заторов. Они сопровождаются резкими дополнительными подъемами уровня воды, которые в условиях рек Средней Азии бывают настолько значительными, что, как правило, превышают даже максимальные паводковые горизонты летнего периода как в бытовом, так и в подпертом состоянии, вызывают затопление и подтопление культурных территорий, разрушение населенных пунктов.

При проектировании гидроузлов и гидростанций на реках Средней Азии и определении зоны затопления и подтопления культурных территорий в их верхних бьефах, а также при установлении отметок защитных дамб обвалования для борьбы с наводнениями,



Берегозащитная дамба на Амударье.

согласно многолетним исследованиям, проведенным Э. М. Пилосовым, необходимо исходить не из паводковых уровней воды летнего периода, а из зажорных уровней зимнего периода, при умеренных и продолжительных волнах похолодания, когда в реке наблюдаются высокие уровни воды.

Положение зажорных уровней воды в верхних бьефах гидроузлов определяется по разработанной Э. М. Пилосовым методике, основанной на использовании расчетного или наблюдаемого за многолетний период максимального стока шуги, размещаемого в зоне выклинивания кривой подпора по зажороформирующим скоростям течения, коэффициентам шероховатости шуговых отложений и длине участка распространения зажоров и подпертых бьефах, зависящей от уклона реки.

Следует отметить, что зажорные уровни по этой методике зависят главным образом от стока шуги, поэтому на гидрологических станциях наряду с измерением расходов воды необходимо обязательно измерять и расходы шуги.

Прогнозы зажорных уровней и мероприятия по защите культурных территорий от затопления в верхних бьефах крупных гидроузлов, построенных и строящихся на реках Средней Азии, выполняются по указанной методике.

РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В БЬЕФАХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Русловые процессы в бьефах водохранилищ похожи на процессы в бьефах водозаборных узлов, но нужно отметить важные отличия.

Во-первых, во всех водохранилищах происходит осаждение взвешенных наносов. Так как сток донных наносов значительно меньше стока взвешенных, то заиление преобладает над занесением. В наливных водохранилищах (типа Каттакурганского), наполняемых через подводящий канал, занесение может отсутствовать.

Во-вторых, вследствие постоянного изменения уровня воды в водохранилище происходит переформирование наносных отложений, что зависит от режима эксплуатации при наполнении. В половодье участки заиления и занесения непрерывно смещаются вверх по течению, а при наполнении в осенне-зимний межень период наносные отложения верхних участков смываются осветленным потоком вниз по течению за счет уменьшения длины кривой подпора. При снижении подпорного уровня водохранилища в период половодья заиление смещается вниз по течению, происходит значительный сброс наносов в нижний бьеф, что ведет к удлинению срока заиления полезного объема водохранилища.

В-третьих, ввиду водоворотных течений у берегов, возникающих вследствие растекания потока, наносные отложения более равномерно распределяются по ширине водохранилища. Этому способствуют также часто возникающие ветровые волны.

В-четвертых, в глубоких водохранилищах при большом содержании в речной воде мелких илестых частиц образуется особое донное течение — плотный поток в нижних слоях воды, сильно насыщенный илестыми частицами, который перемещается по дну к створу плотины, не смешиваясь с чистой водой верхнего слоя водохранилища.

В-пятых, размыв отводящего русла в нижнем бьефе водохранилищ протекает более плавно вследствие сглаживания расходов в процессе регулирования стока, а пропуск половодья при сниженных отметках уровня воды водохранилища способствует уменьшению общего размыва русла вниз по течению.

В-шестых, занесение нижнего бьефа водохранилищ не представляет такой опасности, как занесение нижнего бьефа водозаборных узлов, поскольку оно возникает после заиления верхнего бьефа на 70—85%, когда необходимо решать вопрос о капитальной реконструкции или строительстве нового водохранилища.

Таковы особенности переформирования русла в бьефах водохранилищ. При проектировании производятся прогнозные расчеты заиления, занесения верхнего бьефа (водохранилищ) и размыва нижнего. Расчеты заиления и занесения верхнего бьефа прежде всего должны характеризовать уменьшение полезного объема водохранилища по времени, что требует выяснения, как распределены наносные отложения по длине, причем важно установить их объем выше уровня мертвого объема.

Расчеты занесения начальной части водохранилища необходимы для выяснения возможного подъема уровня на прилегающем участке реки и расширения зоны затопления прибрежных земель. Расчеты размыва отводящего русла в нижнем бьефе необходимы для учета возможного снижения дна и уровня воды при проектировании водовыпуска и сбросного сооружения водохранилищного узла.

Изучение русловых процессов в бьефах водохранилищ началось в Узбекистане в 50-е годы в связи с широким развитием регулирования речного стока. Под руководством В. В. Пославского, С. Т. Алтунина и Э. П. Пилосова были организованы полевые исследования в верхнем и нижнем бьефах Фархадской плотины, Г. А. Цоя — на Кайраккумском водохранилище. Собран ряд интересных натуральных данных. Установлено, что в заилении водохранилища, кроме речных наносов, участвуют эоловые отложения на поверхности зеркала (8—10% общего объема), а также продукты переработки (размыва волнами) берегов.

С. Т. Алтунин предложил схему заиления водохранилища, разделяющую его на озерную (свободна от отложений) и русловую (сосредоточены наносные отложения) часть. В процессе заиления русловая часть надвигается на озерную, одновременно распростра-

няясь вверх по течению реки и создавая дополнительное так называемый динамический объем водохранилища.

Наиболее обоснованную и подтверждаемую натурными данными методику расчета заиления водохранилищ предложил В. С. Лапшенков. В основу он положил формулу (6), предложенную Г. И. Шамоным на основе эмпирической обработки натуральных данных по заилению отечественных и зарубежных водохранилищ. В. С. Лапшенков обосновал эту формулу (6), сначала исходя из линейной связи между расходом сбрасываемых наносов и объемом отложений, полученным по натурным данным для заносимых бьефов, а затем на основе теории квазиламинарного режима осаждения при заилении. Кроме того, он уточнил выражения для ее параметров, причем теория квазиламинарного режима осаждения дала несколько иное выражение для определения показателя заиляемости, учитывающее гидравлическую крупность осаждающихся наносов.

Для расчета распределения наносных отложений по длине водохранилища В. С. Лапшенков предложил распространить формулу (6) на любой створ водохранилища (с изменением V_0 и e) и определить площадь заиления как разницу объемов отложений для двух створов, взятых при l м.

Он дал также формулы для определения выходной мутности (необходимой для расчетов размыва нижнего бьефа) и расчета заиления при неустановившемся режиме водохранилища, согласно которым интенсивность заиления при повышении уровня увеличивается, а при снижении — уменьшается (по сравнению со стационарным уровнем).

Метод В. С. Лапшенкова использован при прогнозных расчетах многих проектов водохранилищ на реках Средней Азии и включен в качестве обязательного метода в строительные нормы. Разработкой методов расчета заиления водохранилищ занимались также А. И. Гостунский, В. А. Скрыльников и др.

В. А. Скрыльников, анализируя осветление воды в водохранилище в зависимости от отношения объема русла W_p к объему водохранилища V по натурным и лабораторным данным, предложил разделить процесс заиления на две стадии: в первую происходит почти полное осаждение стока наносов в водохранилище, характеризуемое постоянной степенью осветления $\varepsilon = 95—97\%$, вторая начинается, когда в результате заиления объем водохранилища уменьшается до значений $V < 7,7 - W_p$ и характеризуется быстрым понижением степени осветления. Формула (6),

по В. А. Скрыльникову, соответствует второй стадии заиления.

Расчет общего размыва в нижнем бьефе водохранилищ производится по методам, разработанным для водозаборных гидроузлов.

Наряду с разработкой методов расчета заиления и занесения проводились лабораторные исследования на моделях конкретных объектов. Так, в 1955 г. Н. Т. Смолянинов исследовал на модели общий размыв Сырдарьи ниже Кайраккүмского водохранилища. Полученное им снижение уровня воды учтено в проекте и принято при определении мощности ГЭС. Размыв русла Вахша ниже Нурекского водохранилища изучали на модели Э. М. Пилосов и В. А. Скрыльников.

Большие модельные исследования проведены в отделе русл САНИИРИ в начале 70-х годов по изучению заиления в Тюямуюнском русловом водохранилище и общего размыва Амударьи в нижнем бьефе.

Под руководством А. М. Мухамедова А. В. Бочарни, Я. С. Мухамедов исследовали на модели Нурекского и В. С. Ланшенков — Токтогульского водохранилищ, установили возможность образования в них плотного донного потока и наметили мероприятия для сброса его в нижний бьеф в целях уменьшения интенсивности заиления.

Донный (плотностный) поток образуется в водохранилище со слоями воды различной плотности, обусловленной плотностями мутной и чистой воды, а также разностью температур.

Наибольший интерес в условиях Средней Азии представляет образование плотностного потока в водохранилище за счет взвешенных наносов. Несомненно речным потоком крупные частицы интенсивно отлагаются вблизи зоны выклинивания кривой подпора, а остающиеся мелкие фракции опускаются в придонные слои, образуя явно выраженное донное течение с большим содержанием наносов. В зоне погружения мутной воды наблюдается скопление плавающих тел и мусора. Такой плотный поток в 1961 г. впервые в САНИИРИ был воспроизведен в лабораторных условиях (в лотке).

По данным натуральных наблюдений и исследований в СССР и за рубежом 90% наносов донного (плотностного) потока составляют частицы размером менее 0,01—0,15 мм, из них 50% размером 0,002—0,003 мм. Значит, донные потоки образуются на водотоках, содержащих значительное количество мелких фракций наносов, не менее 1—3 кг/м³. Такого насыщения наносами поток достигает, как правило, в паводок.

Обычно движение донного потока замедляется с прекращением формирующего его паводка. Однако при достаточно больших уклонах дна водохранилища (больше 0,001) донный поток движется и после прекращения паводка и может достигнуть плотины, в этом случае его можно сбрасывать в нижний бьеф (через донные сбросные отверстия). Если их пропускная способность недостаточна, то перед плотиной появляется волна повышения донного потока, постепенно распространяющаяся вверх по течению. Здесь образуется зона повышенной мутности воды, начинается интенсивное осаждение наносов и возникает гризла заиления. Отложившиеся наносы постепенно уплотняются.

Для возникновения донного потока в водохранилище необходимы три следующих условия: определенная разница между плотностями донного потока и воды, равная 0,0005—0,001 г/см³, достаточное (не менее 50%) содержание мельчайших частиц наносов (<0,015—0,02 мм) и глубина более 30—40 м.

Скорость донного течения зависит от насыщения воды (мутности) и уклона дна водохранилища.

Образование донного течения имеет большое практическое значение, так как позволяет сбрасывать часть наносов в нижний бьеф, отодвинуть срок заиления водохранилища. Подходящие в составе донного потока наносы, вовлеченные в водоприемник ГЭС, обуславливают истирание проточной части гидротурбины и облицовки водоводов. Донный поток изменяет протекание воды через водоприемники, влияет на выбор отметки их порогов.

В связи с перспективами гидротехнического строительства в бассейне р. Амударьи необходимо прогнозировать русловые деформации в продольном направлении и в плане в отношении. Это требует большого комплекса научно-исследовательских работ, включая модельные и полевые исследования, а также теоретических проработок с целью прогнозирования русловых процессов и выработки рациональных методов регулирования русла и наносов, защитных мер поэтапно для основных периодов жизни реки: возрастающий отбор воды на орошение, частичное регулирование стока и полное регулирование стока. К этим исследованиям, помимо САНИИРИ, можно привлечь и другие научно-исследовательские организации Средней Азии.

Особую актуальность приобретают исследования, связанные с прогнозом русловых процессов на Амударье для второго периода

с вводом в эксплуатацию Тахнаташского и Тюямуюнского гидроузлов, с интенсивным отбором воды на орошение, бесплотинными водозаборами на Каракумский, Каршинский и Аму-Бухарский каналы в среднем течении р. Амударьи, а также частичным регулированием стока Нурекским гидроузлом. Следует определить правильный режим эксплуатации вышеуказанных каналов и гидроузлов, защитные и регулировочные меры в руслах верхнего и нижнего бьефов. Такие натурные работы начаты в районе Тахнаташского гидроузла, в районах бесплотинных водозаборов; проводятся исследования по компоновке Кызылжакского гидроузла.

Так, исследованиями отдела русл САНИИРИ установлено, что в связи с задержанием наносов в Тюямуюнском водохранилище и усилением общего размыва интенсивность русловых и береговых деформаций в нижнем бьефе гидроузла возрастает. В связи с этим особо важное значение имеет разработка инструкции по эксплуатации Тюямуюнского гидроузла в летний период, предусматривающей пропуск паводка при низких горизонтах в целях уменьшения призм затопления и общего размыва русла вниз по течению и других нежелательных явлений.

На основании обобщения результатов комплексных исследований разработана общая схема регулирования Амударьи на 160 км в пределах всего Хорезмского оазиса. На основании расчета определены состав, объем, очередность и сроки выполнения ра-

бот, а также прогноз развития русловых деформаций на перспективу.

Намечен комплекс мероприятий, осуществление которых позволит решить проблему дейгиша в Хорезмском оазисе, улучшить условия водозабора и судоходства, защитить важные народнохозяйственные объекты, а также решить проблему освоения пойменных земель: под защитой этих сооружений можно освоить свыше 20 тыс. га новых высокоплодородных земель.

Десятая пятилетка была периодом огромных преобразований, почти во всех районах страны велись обширные водохозяйственные работы и гидротехническое строительство. Для нового подъема сельского хозяйства и промышленности на засушливых территориях огромное значение будет иметь перераспределение ресурсов, особенно переброска части стока северных и сибирских рек в бассейн Волги, в Казахстан и Среднюю Азию. Решить эти проблемы можно совместными усилиями гидротехников и гидрологов по усовершенствованию методов расчета и прогнозирования русловых процессов на реках у крупных гидроузлов и водохранилищ, разработке устойчивых форм крупных каналов для межбассейновой переброски стока и т. д. Это требует дальнейших широких исследований в области речной гидравлики и динамики русловых потоков, так как необходимо не только регулирование водотока, но и сохранение равновесия окружающей среды и ее улучшение.

На реках Узбекистана проводятся специальные гидротехнические работы, называемые защитно-регулирующими. Их цель — ослабление неблагоприятного развития руслового процесса или предотвращение его вредности. Они разделяются на выправительные, регулировочные, берегозащитные (или берегоукрепительные) и защитные.

Выправительные работы проводятся на судоходных реках для поддержания судоходных глубин в период навигации. В Узбекистане они ведутся только на Амударье с целью обеспечить подход речных судов к причалам на пристанях, а также их проход через устьевые протоки реки в Аральское море.

Регулировочные работы ведутся в речных руслах для формирования потока при подходе к отверстиям водозаборных плотин и мостов, а также в нижнем бьефе и на участках бесплотинного водозабора. В Узбекистане они проводятся с давних времен и в прошлом имели целью не только обеспечивать забор воды с минимальным завлечением донных наносов в каналы, но и регулирование расходов, причем многолетней практикой были выработаны весьма рациональные решения. Большой вклад гидротехники Узбекистана внесли в методы регулирования русла в бьефах плотинных водозаборных узлов, увязав правила проектирования зарегулированного русла с компоновкой узла.

В применяемых методах защитно-регулирующих работ есть два направления. При первом осуществляется защита берегов от размыва, регулирование и выправление русла с помощью специальных гидротехнических сооружений различных конструкций, возводимых вдоль берегов или в самом русле. К ним относятся береговые укрепления и опояски, продольные и поперечные дамбы, поперечные шпоры. Первые из них препятствуют

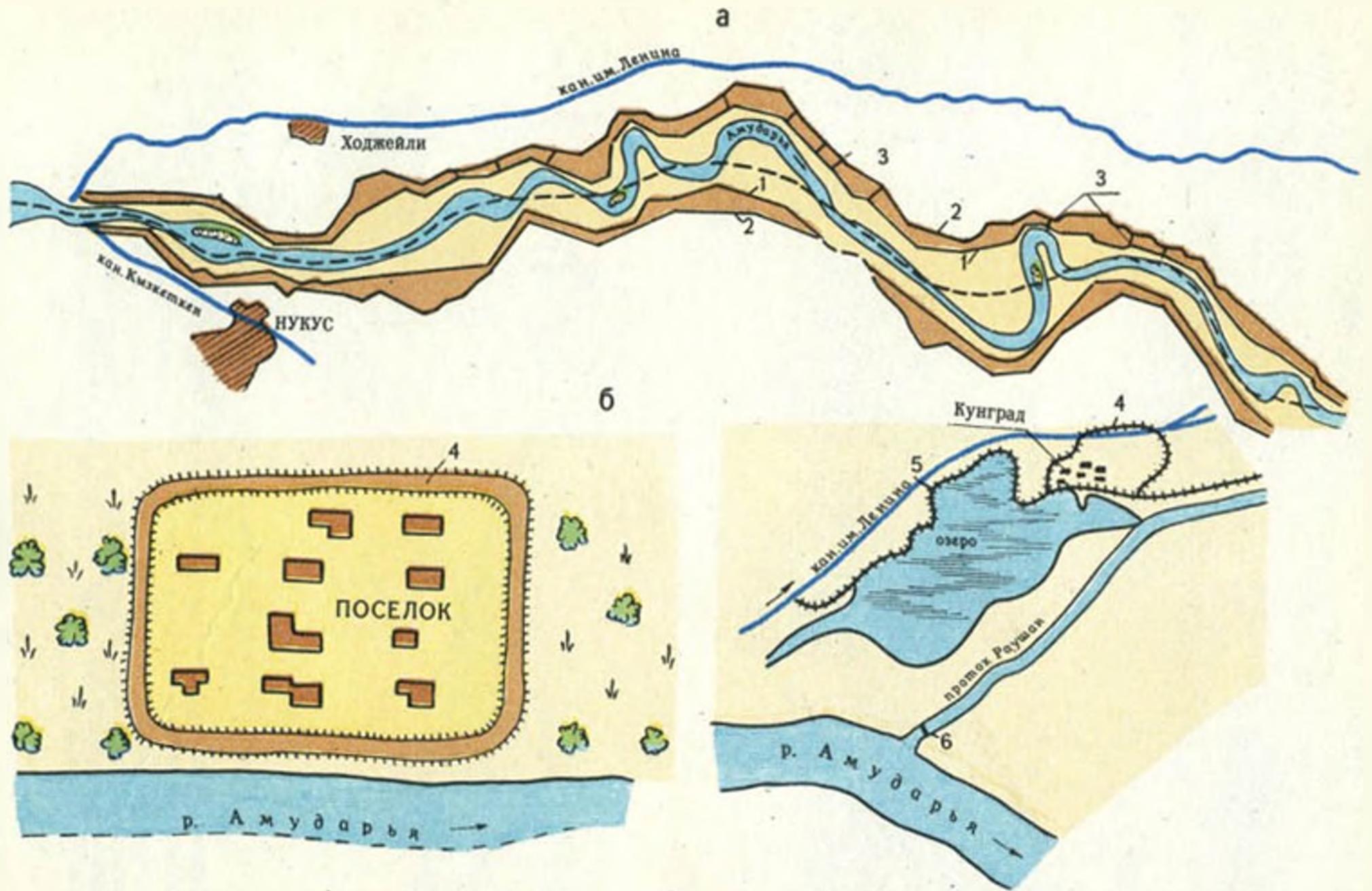
воздействию высоких скоростей течения на размываемые грунты. Продольные и поперечные дамбы предотвращают размыв берегов за счет отклонения всего потока в безопасное направление. Поперечные шпоры действуют так же, но только в зоне прибрежных струй. Дамбы и шпоры используются также для направления речного потока в нужную сторону и создания в нем желательной с точки зрения движения донных наносов структуры течений (мостовые переходы, водозаборные узлы и другие гидротехнические сооружения). По проницаемости дамбы и шпоры разделяют на глухие и сквозные.

При втором направлении аналогичные задачи решаются проведением землечерпательных работ, обеспечивающих безопасное протекание речного потока в желательном направлении и по возможности в одном русле (прорези, спрямление излучин, перекрытие нежелательных и расчистка полезных протоков, перекатов и т. д.).

Оба направления защитно-регулирующих работ возникли в глубокой древности. Укрепление берегов каменной кладкой, наброской камня, креплениями «местного» типа (фашины, фашиновые и каменно-хворостяные тюфяки и т. д.), строительство регулировочных сооружений из каменно-хворостяной, каменной и кирпичной кладок издавна применялось во всех странах, имевших орошаемое земледелие и судоходство.

Примера «отвода» рек с помощью искусственно прорытых или расчищенных старых русел встречаются в истории почти всех народов.

Процесс совершенствования защитно-регулирующих и русловыпрямительных работ тесно связан с развитием производительных сил. С одной стороны, с повышением степени хозяйственного использования водных ресурсов и прибрежных территорий появляется необходимость удлинять фронт берегозащит-



а-Схема расположения береговых дамб обвалования вдоль Амударьи

б-Схема Кунградской озерной дамбы

1- Дамбы первой линии;

2- Дамбы второй линии;

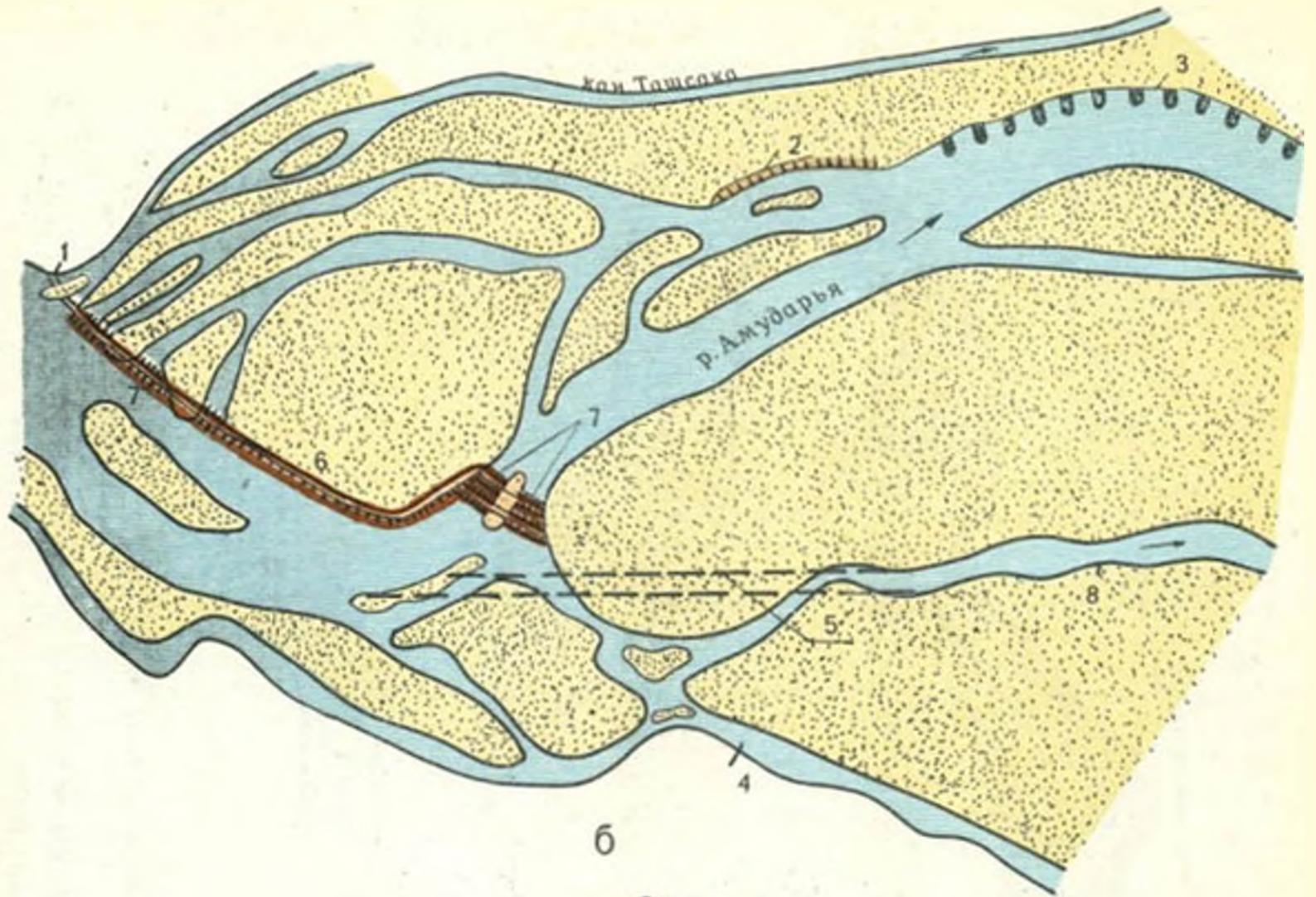
3- Поперечные траверсы;

4- Кольцевая дамба;

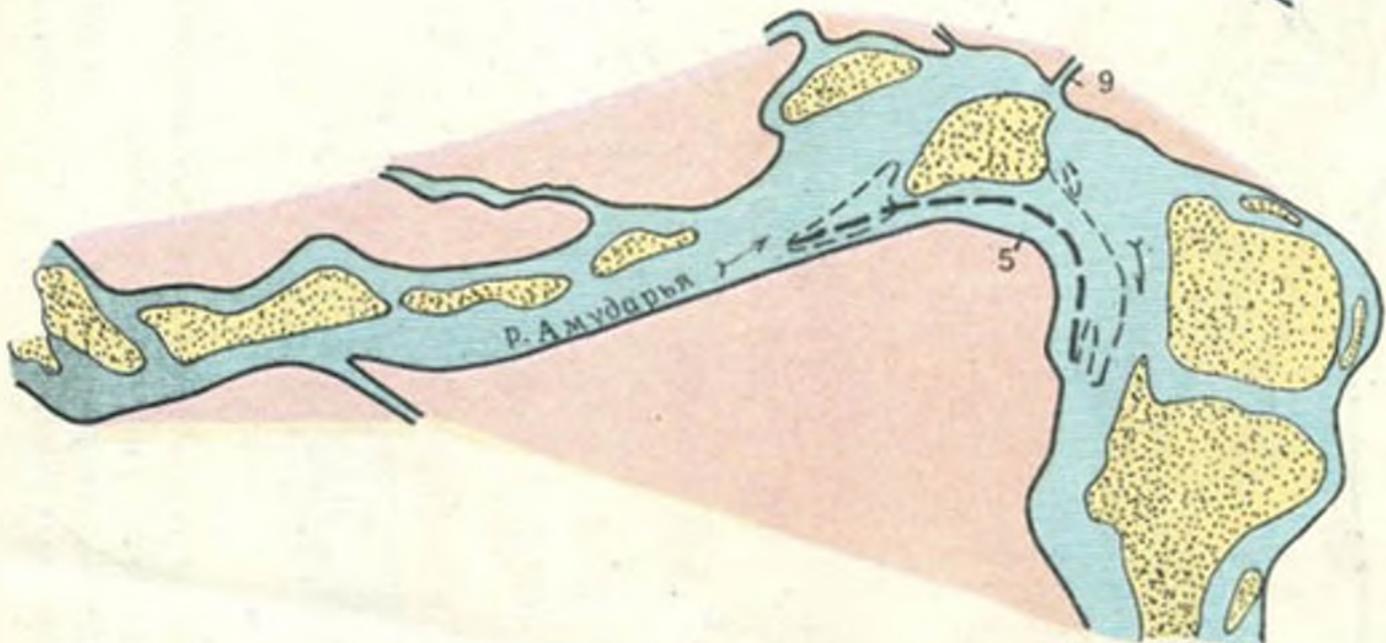
5- Озерная дамба;

6- Регулятор

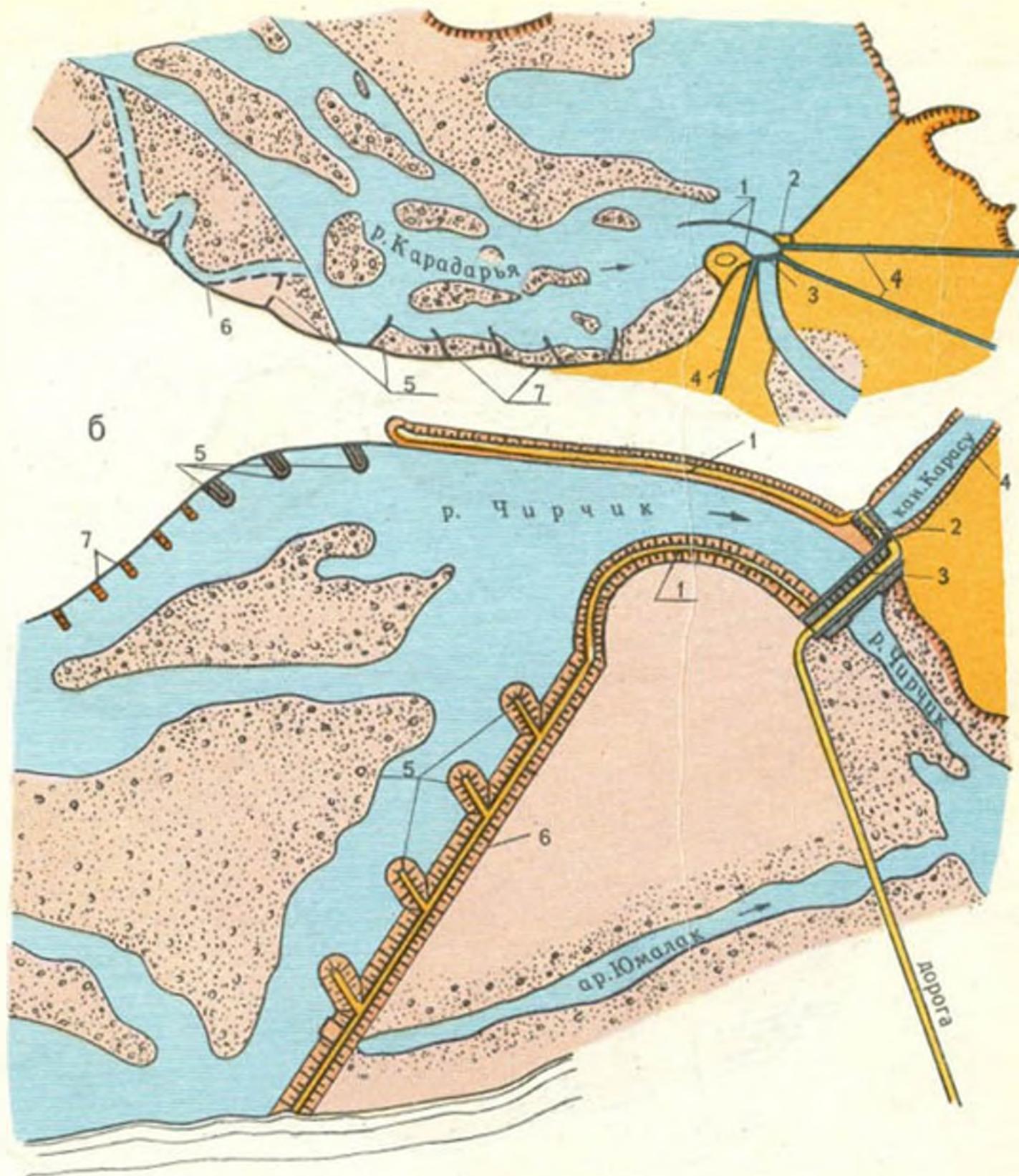
а



б

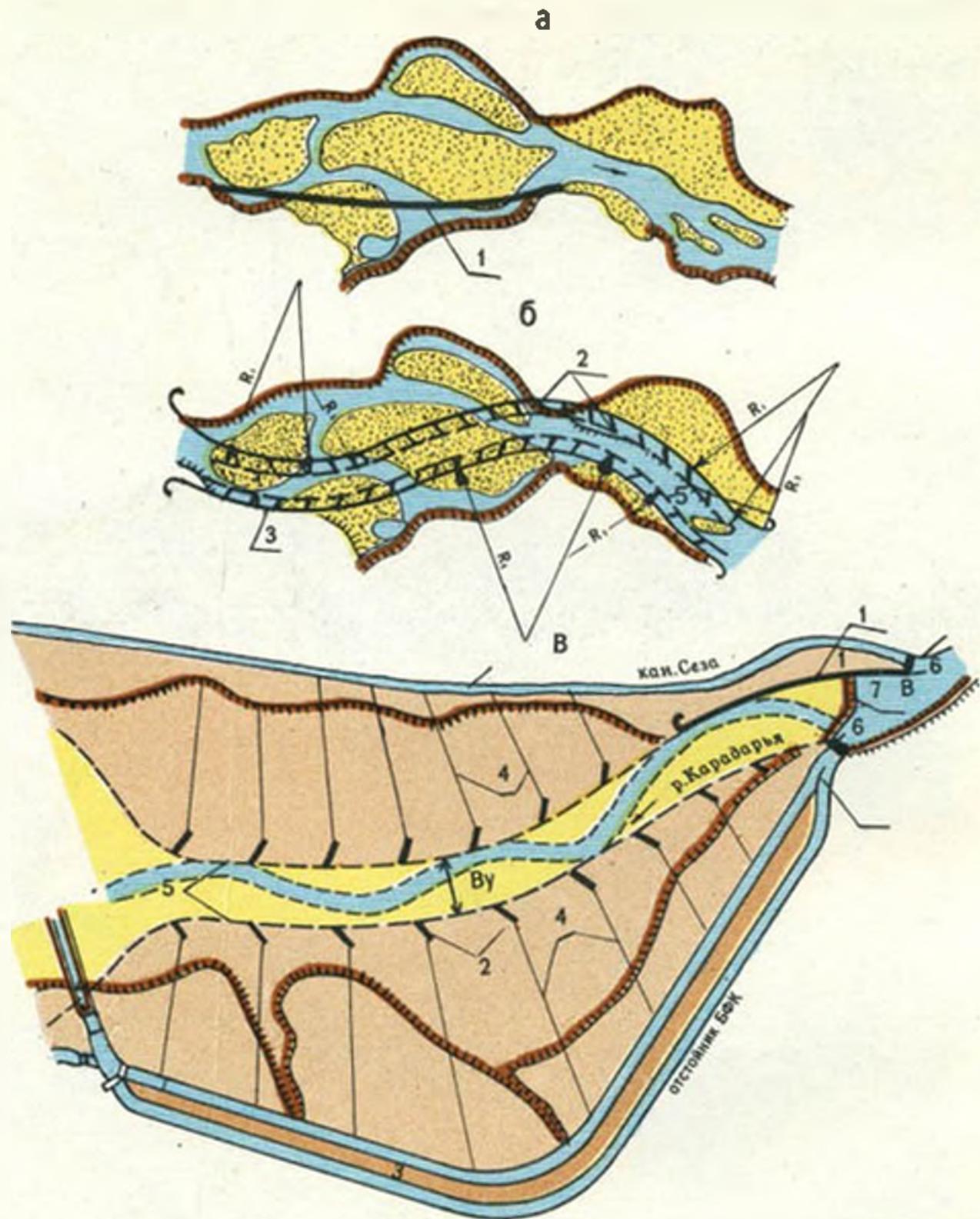


- а- прорезь для прекращения левобережного свала реки на участке Ташсака-Пахтаарна
б- прорезь для ослабления левобережного свала у головы Клычбая
1-регулятор на канале Ташсака; 2-старое крепление берега;
3-таштуганые шпоры 1969 года; 4-канал Пахтаарна;
5-прорезь; 6-дамба обвалования; 7-перемычка; 8-проток, используемый для спрямления; 9-голова Клычбая



а- защита шпорами правобережной водоудерживающей дамбы и дамбы обвалования перед Дамходжинским гидроузлом
 б- защита шпорами левого берега и правобережной дамбы перед Верхнечирчикским гидроузлом

- 1- дамбы зарегулированного русла, облицованные бетоном;
- 2- регулятор канала; 3- регулятор сброса; 4- канал;
- 5- инженерная шпора с бетонной облицовкой; 6- дамба без крепления, находящаяся под напором воды;
- 7- дополнительные таштуганые или сипайные шпоры, установленные эксплуатацией



а - Односторонняя защита берега дамбой
 б - Двусторонняя защита шпорами с дамбой обвалования
 в - Двусторонняя защита шпорами с траверсами

- 1-продольная дамба с облицовкой;
- 2-шпоры с облицовкой;
- 3-дамба без облицовки;
- 4-траверсы без облицовки;
- 5-выправительная трасса, построенная по радиусам $R_1 = 7B_y$, $R_2 = 3.5B_y$.
- 6-головные регуляторы;
- 7-Куйганьярская плотина.

ных работ, увеличивать число и размеры объектов, требующих защитно-регулирующих работ (мосты, водозаборные сооружения, узлы и т. д.). С другой стороны, рост возможностей (мощностей) строительных организаций, оснащение их новейшими техническими средствами механизации строительных работ, обеспечение новыми строительными материалами оказывают большое влияние на совершенствование конструкций и компоновки защитно-регулирующих сооружений, а также методы защитно-регулирующих работ.

Со второй половины XIX в. в связи с появлением мощных земснарядов (землечерпалок) на судоходных реках России русловыправительные работы для обеспечения интенсивно развивающегося судоходства стали производиться преимущественно методом землечерпания. Этот метод позволял поддерживать нужные судоходные глубины при меньших затратах в сравнении с затратами на строительство сооружений, особенно на их поддержание в процессе эксплуатации.

Проникновение бетона и железобетона в область защитно-регулирующих работ в XX в. существенно повысило надежность и долговечность конструкций сооружений при резком снижении эксплуатационных затрат. Это вызвало широкое развитие строительства капитальных защитно-регулирующих сооружений, оттеснив метод землечерпания на второе место.

Широкое использование сборного железобетона и внедрение в строительство защитно-регулирующих сооружений промышленных методов производства работ еще больше повысили их экономическую эффективность. Однако с появлением новых земснарядов высокой производительности метод землечерпания не утратил свое значение, его главными преимуществами остаются оперативность и сравнительная быстрота достижения необходимого, хотя иногда и кратковременного эффекта.

Наиболее целесообразно осуществлять защитно-регулирующие работы комплексным методом, возводя капитальные сооружения в наиболее опасных местах и улучшая условия их работы с помощью землечерпательных прорезей или оперативного землечерпания мощными высокопроизводительными земснарядами.

Большой вклад в разработку конструкций защитно-регулирующих сооружений, правил их проектирования и методов расчета внесли советские гидротехники и специалисты США, Италии, Франции и других стран. Американские инженеры первыми стали широко при-

менять крепление берегов железобетонными плитами и сквозные конструкции берегозащитных сооружений (шпоры из свай, тетраэдры из рельсов и другие конструкции, пропускающие часть отклоняемого потока).

За годы Советской власти защитно-регулирующие работы стали самостоятельной инженерной дисциплиной, основоположниками которой были Б. П. Кандиба, К. А. Акулов, М. В. Потанов, Д. Я. Соколов, Н. А. Ржалицын, Е. А. Славинский и другие ученые и инженеры-практики. Много оригинальных и экономически целесообразных конструкций защитно-регулирующих сооружений и методов их расчета предложили Н. Ф. Данелия, И. П. Херхеуладзе, Б. В. Руруа, К. Табушвили и другие специалисты Грузии, Р. Ж. Жулаев из Казахстана, К. Ф. Артамонов, Б. Л. Высочанский, А. П. Крошкин, В. Ф. Толмаза из Киргизии и др. Обстоятельные натурные исследования процесса спрямления речных излучин на Куре провел Ю. А. Ибад-Заде.

Гидротехники Узбекистана, широко используя отечественный и зарубежный опыт берегозащитных и русловыправительных работ, создали ряд оригинальных конструкций и методов проектирования, наиболее полно отвечающих особенностям среднеазиатских рек. Большое внимание уделялось изучению и обобщению богатейшего народного опыта в области защитно-регулирующих работ на реках Узбекистана, использованию его при разработке новейших инженерных конструкций и сооружений.

Среди ученых, проектировщиков и строителей можно назвать С. Т. Алтунина, А. М. Мухамедова, В. В. Пославского, Г. И. Прозорова, С. И. Оболенского, А. М. Тюленева, В. Я. Богатырева, Н. Ф. Федодеева, Б. П. Курбанова, Н. Я. Орлова, А. П. Ушакова, Х. А. Ирмухамедова, Ф. Ш. Ишаева и многих других. Разработанные ими конструкции, правила проектирования и методы расчетов вошли в практику строительства защитно-регулирующих и русловыправительных работ на реках Узбекистана, позволяя достаточно надежно и экономически целесообразно решать многие практические вопросы регулирования русла при водозаборе или защите берегов от размыва и затопления.

Берегозащитные работы для защиты населенных пунктов, инженерных сооружений и культурных земель. Интенсивные размывы берегов наблюдаются почти на всех реках Узбекистана и иногда (особенно в низовьях Амударьи) принимают характер стихийного бедствия (например, смыв в районе Турткуля



Противопоселевые берегоукрепительные дамбы.

в период 1937—1945 гг., действии в районах 3-го и 8-го км канала Ташсака и у головы канала Клычбай в период 1961—1965 гг.).

Размывы берегов вызываются свальными течениями, возникающими в блуждающих многорукавных руслах на спаде половодья, хотя встречаются и интенсивные размывы вогнутых берегов излучин (Беговатская лука на Сырдарье, излучина на Чирчике у Чиназа и т. п.).

Для защиты берегов от размыва на предгорных участках рек в прошлом возводились берегозащитные дамбы и шпоры из таштуганной кладки, которые при скоростях течения больше 0,5—0,7 м³/с армировались деревянными каркасами-сипаями. Правильно и вовремя возведенные шпоры удачно отбивали сваливающийся к берегу поток и на некоторое время предотвращали размыв.

Шпоры возводились на неукрепленном дне реки. Размыв дна, который иногда ослаблял наброской карабур, вызывал проседание шпоры в результате сползания ее и воронку размыва. Тогда таштуганную кладку наращивали, а если она достигала верха сипайных каркасов, устанавливали второй и даже третий ярус сипаев.

При интенсивных подмывах шпоры проседали быстро, иногда переворачивались навстречу течению. Быстрое загнивание хворос-

та под действием переменной влажности понижало прочность таштуганных дамб и шпор. Большие затраты труда и материалов на возведение таких дамб и шпор вынудили заменить их более долговечными сооружениями — габионными дамбами и шпорами, креплением берегов каменной наброской и кладкой насухо, дамбами из местного грунта с облицовкой напорного откоса, наброской крупногабаритного рваного камня, шпорами из бетонитов и т. п.

Дамбы и шпоры из габионов или укрепленные наброской рваного камня легко деформируются при подмывах. Габионы не получили распространения из-за дефицита проволоки, ее быстрого ржавления и истирания в нижних частях сооружений гравелисто-галечниковыми наносами, а также выполнения работ вручную. Крепление берегов и дамб рваным камнем в Узбекистане из-за отсутствия на месте работ карьеров ограничено.

Для берегозащитных работ на плотине Первого Мая А. М. Дадасянц и В. П. Долгов предложили улучшенное крепление местного типа, названное зарафшанским. Это система коротких шпор (закрепленных точек) из слоя хвороста, уложенного на дно реки до отметок меженичного уровня, пригруженного армобетонными плитами, соединенными между собой. При высоких уровнях воды шпоры затопли-



Берегоукрепительные работы.

ваются. Специальные выпуски арматуры в плитах задерживают плывущий мусор и повышают эффект. Для увеличения пригрузки и ослабления перелива на плиты устанавливаются бетонные пирамиды.

Основные типы берегозащитных сооружений на горных и предгорных участках рек Узбекистана — дамбы и шпоры из гравелисто-галечникового грунта с облицовкой напорного откоса бутобетоном, армобетоном и железобетоном.

Железобетонные облицовки в Узбекистане применялись уже в конце 20-х — начале 30-х годов (Беговатская лука на Сырдарье, плотина Первого Мая и т. п.), однако широкое применение дамб и шпор с бетонным и железобетонным креплением началось в конце 40-х годов на Ахангаране, Карадарье, Акбуре, Араване и других реках. Большое распространение получили дамбы с бутобетонной облицовкой (правобережная дамба на Сохе, между Сарыкурганским и Кокандским узлами длиной около 6 км и т. п.). Строительство капитальных дамб и шпор потребовало составления технических проектов (рис. 52).

На основе многолетних исследований и обобщения опыта С. Т. Алтуни и К. Ф. Артамонов разработали следующие правила компоновки берегозащитных сооружений:

а) линию защиты следует не привязывать к контуру размывтого берега, а по возможности выдвигать в пойму, осваивая ограждаемую часть под посевы сельскохозяйственных культур;

б) линия защиты должна быть плавной и иметь кривизну одного направления;

в) при широкой пойме и многорукавном русле защиту лучше осуществлять продольной дамбой, запроектированной с учетом возможного свала потока в любой точке (могут

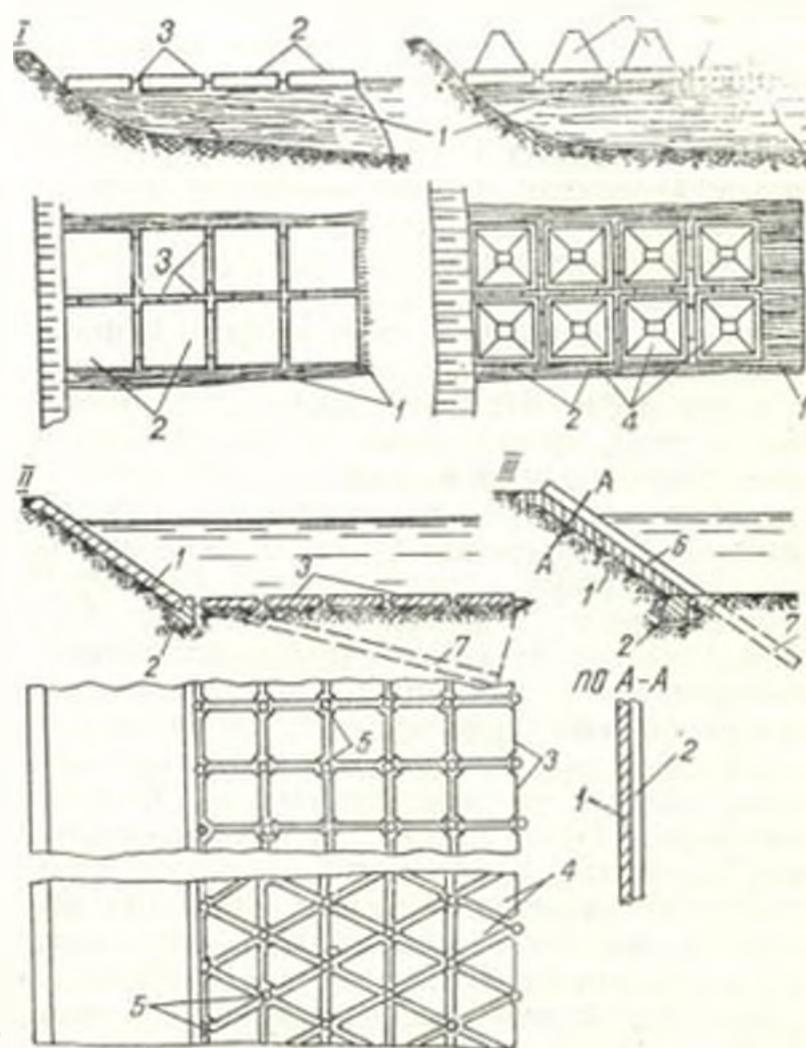
применяться и поперечные дамбы, отжимающие поток к другому берегу, если его размыв не опасен);

г) короткие шпоры (более дешевое решение) желательно возводить вдоль обоих берегов, сужая русло до устойчивой ширины для предотвращения блуждания потока и свала его в межшпоровые пространства; русло может быть прямолинейным, но лучше (более устойчива) меандровая форма. При большой ширине поймы шпоры можно не доводить до берега, сопрягая их корни между собой дамбой обвалования или с берегами поймы с помощью некрепленых траверс;

д) расстояние между шпорами следует принимать равным четырехкратной длине шпор, увязывая его и длину шпор с размерами рукавов в межень, чтобы не допускать вписывания рукавов в междушпоровое прос-

Рис. 52. Схема защитных креплений берегов от размыва:

I — зарифляемый тип крепления, 1 — слой хвороста, 2 — армобетонные плиты пригрузки, 3 — выпуски арматуры, соединяющие плиты, 4 — бетонные пирамиды для дополнительной пригрузки, II — крепление для тифляком из железобетонных плит; III — крепление откоса скользящими плитами, 1 — монолитная плита, бетонированная на месте, 2 — бетонный упор, 3 — железобетонные квадратные плиты с шарнирами, 4 — шарниры треугольных плит, 5 — шарниры, 6 — скользящие плиты, 7 — положение после подмыва.



транство, что наблюдалось в верхнем бьефе Дамходжинского гидроузла;

е) угол атаки шпор потоком должен быть 60—70°; в начале линии защиты следует устраивать криволинейные дамбы, врезаемые в берега поймы, а в конце — продольные с концевыми грушами.

С. Т. Алтуни и К. Ф. Артамонов первыми предложили для расчета глубины размыва у дамб и шпор формулу

$$H_p = CH_0,$$

где H_0 — глубина воды до размыва,

C — коэффициент размыва.

Для определения значений C составлены таблицы, учитывающие длину шпоры, заложение напорного откоса, угол атаки потоком и соотношение допустимой скорости на размыв со скоростью подхода. Более обоснованные теоретически и экспериментально формулы предложены С. Х. Абальянцем, О. А. Каямовым, К. Ш. Шарзповым, К. Х. Имамутдиновым и др.

Низ облицовки напорного откоса закладывают в котлован с учетом расчетной глубины размыва. После укладки облицовки котлован заполняют булыжником или гравелистым грунтом. Когда невозможно осушить котлован, применяют гибкие крепления, которые укладывают вдоль подошвы откоса на речное дно с расчетом на самопогружение при подмыве.

На предгорных участках рек Узбекистана гибкие крепления изготавливают из железобетонных плит размерами 1,0×1,0 (0,12—0,15) м, соединяемых шарнирами из выпусков диагональной арматуры, связанных проволочными кольцами. Необходимая ширина крепления определяется из условия самопогружения горизонтальной части, уложенной на дно реки, при подмыве до расчетной глубины размыва и образования естественного откоса грунта. Для предотвращения вымыва грунта через шарниры и зазоры плит их заливают гудроном, предохраняющим также выпуски арматуры от ржавления.

В Узбекистане гибкие крепления широко применяются у регуляционных дамб, мостовых переходов. Изготавливаются плиты на заводах сборного железобетона, укладка их почти полностью механизирована. Однако при прохождении мощных и продолжительных половодий они часто повреждаются вследствие истирания бетона и арматуры плит гравелисто-галечниковыми наносами, при некачественном производстве работ.

Для улучшения деформации крепления В. Ф. Поярков предложил собирать его из

треугольников равносторонних плит. Оригинальное решение крепления откосов скользящими плитами разработали Ф. Ш. Ишаев и Р. М. Разаков в содружестве со специалистами Узгипроавтодора. По их предложению откос дамбы покрывается не связанными между собою, свободно лежащими железобетонными плитами, длинная сторона которых направлена к незакрепленной подошве откоса. По мере размыва дна у подошвы плиты сползают в вымощину, продолжая предохранять грунт откоса от смыва. В случае необходимости верхние концы плит могут наращиваться. Модельные испытания крепления скользящими плитами дали положительные результаты, что позволило принять его для практики.

Кроме глухих дамб и шпор, для защиты берегов на реках Узбекистана применяют сквозные шпоры и дамбы; например, шпоры из балочных железобетонных тетраэдров конструкции Ф. Ш. Ишаева, представляющих усовершенствование ранее предложенных И. И. Херхеуладзе. Тетраэдры собирают из железобетонных балок длиной от 1,5 до 6,0 м с конусообразными концами и сечением от 0,12×0,12 до 0,25×0,25 м, изготавливаемых на заводах сборного железобетона. При сборке тетраэдров балки соединяют скручиванием или сваркой выпусков арматуры (рис. 53).

Когда глубины воды в русле небольшие, тетраэдры собирают на месте или собранные на берегу устанавливают в шпору с помощью крана. При больших глубинах и скоростях предлагается возводить шпоры наброской связок из 2—3 тетраэдров с длиной балок 1,0—1,5 м. Возведение шпор из тетраэдров на берегу с расчетом на последующее самопогружение при подмыве оказалось неэффективным, что подтвердилось на проведенном опыте на Амударье у головы Клычбая — при подмыве берег обрушивается и падающие с ним тетраэдры ломаются.

Высота шпор определяется из условия, чтобы после стабилизации размыва и частичного погружения тетраэдров в грунт дна реки их вершина была над расчетным уровнем воды. Глубина размыва определяется по эмпирическим формулам, а погружение тетраэдров — по данным лабораторных исследований.

Преимущество сквозных шпор из тетраэдров — возможность возведения их промышленными методами и меньшая (чем у глухих шпор) глубина размыва, примерно в 1,5 раза. Эффективность работы зависит от сквозности (застройки) шпор, для увеличения которой

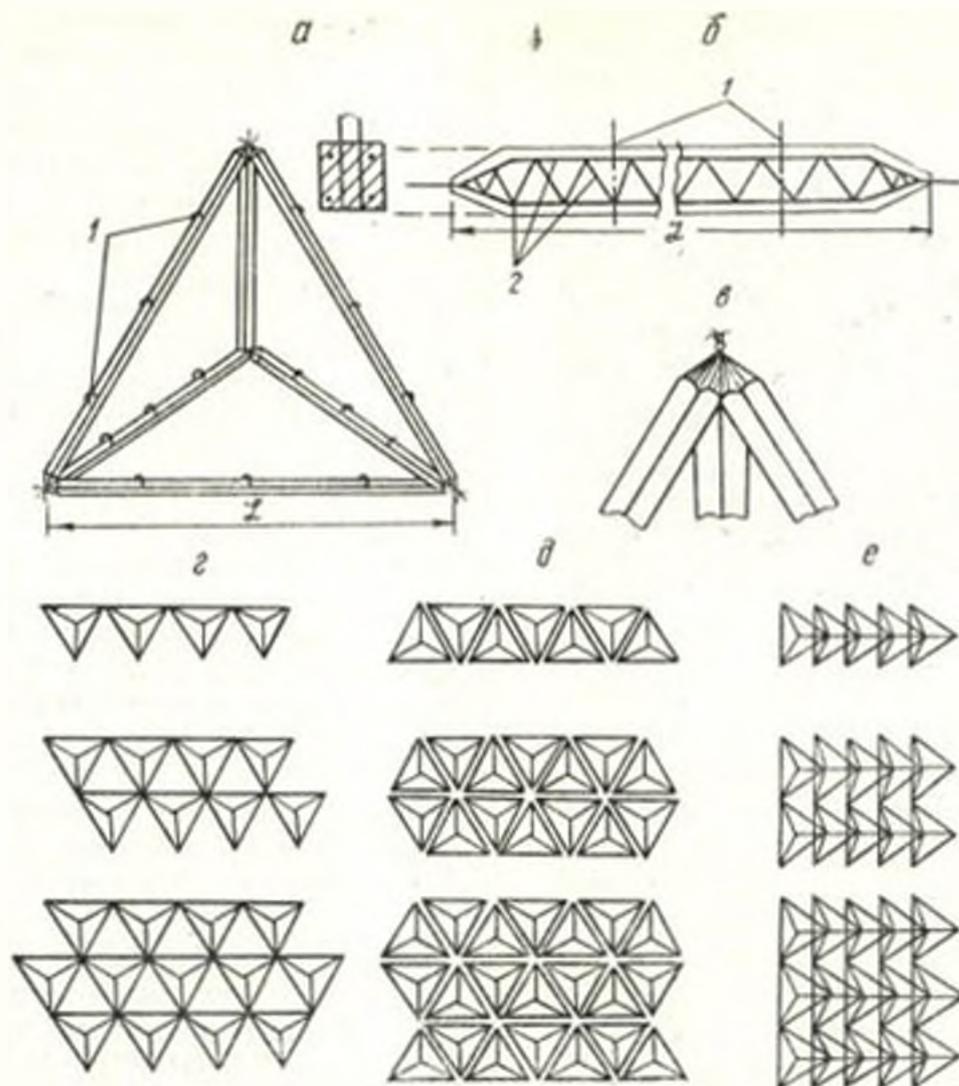


Рис. 53. Схема конструкций защитных устройств из сквозных балочных тетраэдров (Ф. Ш. Ишаев):

а — вид тетраэдра (1 — проушины), б — элемент тетраэдра (2 — арматура), в — соединение балок в вершинах тетраэдра; установка тетраэдров (по 3 ряда), z — шахматная, б — ровная, в — уплывшая.

на тетраэдры навешивают проволоки, задерживающие плавающий мусор.

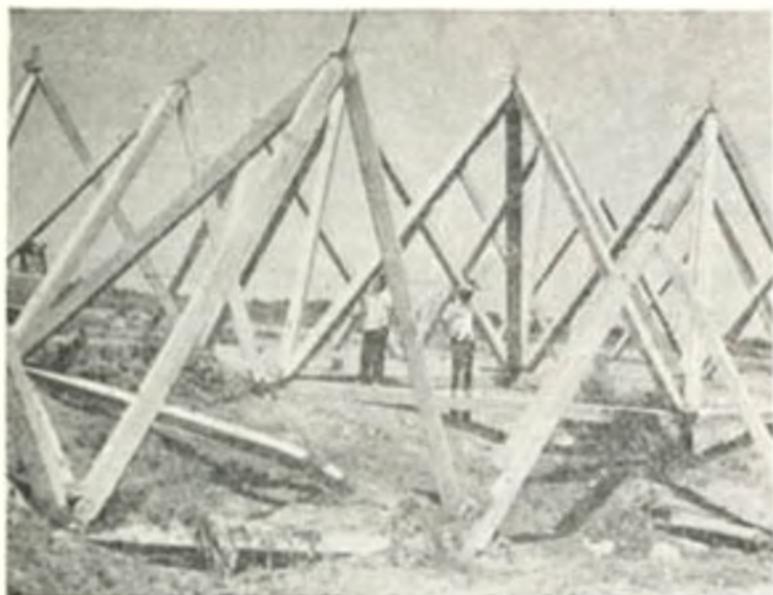
Наряду с конструкциями шпор и дамб из балочных тетраэдров Ф. Ш. Ишаев предложил сквозные тюфяки, связываемые из малых тетраэдров с длиной ног 1,0—1,5 м. Модельные исследования показали их эффективность для защиты от подмыва подошвы дамб и шпор с откосами, укрепленными монолитными или железобетонными плитами. Однако сборка таких тюфяков очень трудоемка ввиду большого количества мелких деталей. Поэтому отделом русл САНИИРИ исследована на модели конструкция сквозного тюфяка из массивных тетраэдров с погнутыми гранями. Исследования показали достаточную ее эффективность, позволяющую рекомендовать для практики.

Для борьбы с размывами на предгорных участках рек, ослабления свалов блуждающего русла к берегам применялись прорези, устраиваемые в пойме экскаваторами, скре-

перами и другими механизмами, но они не дали эффекта, так как прорези забрасывались наносами, а их откосы оплывали.

Трудности вызывает борьба с размывами берегов в низовьях Амударьи (Хорезмская область и юг Каракалпакии), где крутые свалы потока на спаде половодья вызывают очень интенсивные (до 40 м/сут) размывы слабых берегов, в нижней части сложенных из мелкопесчаных грунтов (явление дешиша).

Борьба с размывами берегов на Амударье инженерными методами началась в 70-х годах прошлого столетия при регулировании русла у Чарджоуского железнодорожного моста. На территории Узбекистана большие противодешишные работы проводились на правом берегу для защиты Турткуля (1937—1941 гг.) и на левом — для защиты головы канала Клычбай (1960—1966 гг.) и магистрального канала Ташсака. На этих объектах применяли разнообразные типы береговых



Берегоукрепительные работы.

креплений и конструкций глухих и сквозных берегозащитных сооружений, в том числе крепление берегов таштуганной кладкой, утяжеленной бетонитами или бракованным сборным железобетоном, фашинными, каменно-хворостяными и асфальто-бетонными тюфьями, возведение глухих таштуганных и каменно-фашинных шпор, сквозных дамб из деревянных свай и заанкеренных деревянных сипаев, шпор из сборных балочных тетраэдров, устройство ветвистых заграждений из деревьев с якорями, заанкеренных на берегу, установка в зоне размыва систем струенаправляющих шитов М. В. Потапова и плавучих заилителей С. Т. Алтунина и т. п. Однако, несмотря на большие объемы выполнявшихся работ, это позволяло лишь кратковременно замедлить размывы. Только у Чарджоу ежегодные ремонты и наращивание дамб и шпор с большими затратами труда и материалов позволяют предотвратить обход железнодорожного моста рекою. Некоторые положительные результаты достигнуты также у порта Термез, где дно реки у забитой вдоль берега металлической шпунтовой стенки закреплено сквозным тюфяком из проволоочной спирали (предложение А. Н. Гостуцкого) и тюфяком из небольших балочных тетраэдров.

Интересные конструкции берегозащитных сооружений для условий Амударьи разработаны отделом русел САНИИРИ. Это сквозные шпоры из буронабивных свай, крепление типа запань, разработанное Р. М. Разаковым, и глухие шпоры с телом из местного грунта, откосы которых укрепляются асфальто-бетоном и наброской рваного камня, а полоса дна у подошвы откоса — тюфяком

из звеньев железобетонных труб, установленных на торец (предложение О. А. Каюмова). Последние две конструкции исследованы на моделях. Их намечено построить для защиты дамб Кызылайкского гидроузла (запань) и для регулирования русла Амударьи (глухие шпоры) на участке от Ташсака до Джумуртау протяжением 70 км.

Наряду с креплением берегов для борьбы с действующим применяют землечерпательные прорезы, устраиваемые в пойме, чтобы отвести поток от размываемого берега или в крайнем случае ослабить его свал на этот берег. Первые попытки устройства таких прорезей начались в конце 50-х годов. Прорезы представляли собою старые протоки или понижения в канрах, расчищенные и углубленные землесосами. Наиболее часто их устраивали в районе головы канала Клычбай и магистральной части канала Ташсака (от 3 до 8 км), где они первоначально были неэффективными.

Первой успешно действующей много лет явилась прорезь, построенная в 1970 г. в районе Пахтаарна — Ташсака под руководством К. Х. Имамудинова для ослабления левобережного свала Амударьи в районе 8-го километра Ташсакинского канала. Проект составлен Узгипроводхозом при консультации отдела русел САНИИРИ. На основе изучения работы этой и других прорезей А. Каюмов и Р. Уркинбаев разработали надежные методы расчета, что значительно повысило качество составляемых проектов.

Выпуск земснарядов большой мощности способствовал широкому применению землечерпательных прорезей как противодействующего мероприятия. В нижнем течении Амударьи осуществлено 8 спрямлений русла с помощью землечерпательных прорезей. Положительный эффект дали прорези в районах урочищ Алибаба-Динг, Аккум и Бодай-тугай (1971 г.), а также в районе головы канала Клычбай и у города Турткуля (1974 г.).

Прорезь в районе Пахтаарна — Ташсака (1970 г.) успешно проработала в течение 7 лет. При проектировании берегоукрепительных мероприятий большое значение имеют модельные исследования, позволяющие уточнить схему компоновки намечаемых сооружений (включая прорези), и определить характер их работы, а также ориентировочные размеры (например, потребную ширину гибкого крепления и т. п.). Такие исследования производились при проектировании защиты правого берега Карадарьи ниже Тенгаксайского моста, левого берега Ангрена у Алмалыка, садвинсовхоза № 2 на Чирчике,

голови канала Клычбая и других объектов. Исследования, проведенные отделом русел САНИИРИ, позволили разработать совместно с Узгипроводхозом схему регулирования речного потока по системе пологих меандр на участке Амударьи от Ташсака до Джумуртау протяжением около 100 км. Регулирование предполагается осуществить сквозными шпорами из свай-оболочек или глухими шпорами специальных конструкций, что позволит предотвратить размывы берегов.

Защита населенных пунктов и культурных земель от затопления. Затопление населенных пунктов и культурных земель прибрежной зоны вызывается разливами рек при высоких паводках и заторно-зажорных уровнях на участках аккумуляции наносов, где русло реки командует над прибрежной территорией. На Амударье угроза затопления наиболее выражена ниже урочища Ташсака, где река проходит в собственных отложениях и возвышается над окружающей местностью, особенно в период половодья.

Основной метод борьбы с затоплением — обвалование, которое применялось еще в древности. На участках, где действии создавал угрозу смыва береговой дамбы, за ней строили запасные. В результате прибрежная территория реки покрылась сетью из 2, 3 и более линий дамб.

Наряду с береговыми дамбами применялись кольцевые, окружающие рыбацкие поселки и другие населенные пункты в дельте, где береговых дамб не было. Такую кольцевую дамбу имел раньше Кунград: в начале 30-х годов ее заменили озерной, ограждающей город от затопления озерами Атакуль и Алтынкуль, которые наполнялись из разливов Амударьи. Качество дамб было низкое; ширина их гребня не превышала 1,0 м; запас над уровнями половодья 20—30 см, а заложение откосов $m=1,0-0,5$. Резервы для насыпки дамб обычно примыкали к их подошве и имели очень крутой (до $m_p=0,5$) откос и глубину 1,5 м и более. Это часто вызывало прорывы дамб.

С 1943 г. начаты реконструкция существующих дамб и строительство новых линий. На основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации береговых дамб в низовьях Амударьи С. Т. Алтуни рекомендовал следующие правила проектирования. Расстояние дамб первой линии от берега поймы должно быть не менее 5—6-кратной ширины полосы ежегодного смыва действии (южнее Тахияташа 100—200 м/год, севернее 30—40). Трасса дамбы должна следовать общему очертанию береговой кромки, спрям-

ляя выпуклые берега излучин. Дамбы второй линии следует проводить на расстоянии 200—300 м от первой, междудамбовое пространство разделяется поперечными дамбами (траверсами) на отсеки длиной 1,0+1,5 км (чтобы предотвратить продольные течения при прорывах дамб первой линии).

Береговые дамбы по проектам строятся почти на всех опасных участках от урочища Ташсака до Кунграда и ниже. Дамбы насыпают из суглинистого или супесчаного грунта экскаваторами, скреперами и бульдозерами. Гребень их имеет ширину 5—6 м и более и используется под инспекторскую или проезжую дорогу. Отметка гребня запроектирована с учетом возможных заторно-зажорных уровней. Заложение откосов соответствует инженерной характеристике грунтов. Для организации непрерывного наблюдения за состоянием и работой дамб, их поддержания и ремонта созданы специальные управления, оснащенные автотранспортом, катерами, землесосами и землеройными механизмами. Однако полностью вопрос защиты дамб от смыва действии пока не решен, так как стоимость противодействии работ слишком высока по сравнению со стоимостью дамб. Видимо, оперативное регулирование реки земледелием — один из наиболее целесообразных методов защиты.

На предгорных участках рек для ограждения пониженных участков поймы от затопления используют берегозащитные дамбы (правобережная дамба на Сохе между Сарыкурганским и Кокандским узлами, дамбы у садвинсовхоза № 2 на Чирчике и др.).

Обвалование в верхних бьефах плотинных узлов применяется для уменьшения затопления и борьбы с зазорами. В верхнем бьефе Фархадской плотины построена дамба с каменным креплением. Она защищала Ленинабад и прилегающую территорию левого берега Сырдарьи от затопления. Две линии дамб обвалования из гравелисто-галечникового грунта с поперечными траверсами в верхнем бьефе плотины им. Первого Мая были построены в 1952—1958 гг. для защиты низкого правого берега от затопления, вызванного подъемом уровней воды из-за отложения крупных наносов в пределах кривой подпора.

Перспектива развития регулировочных и берегоукрепительных работ на реках Узбекистана. Строительство водохранилищ вызывает существенные изменения хода руслового процесса. На участках рек ниже водохранилищ ослабляется интенсивность размыва берегов за счет более плавного нарастания за-

регулируемых расходов и значительной срезки годовых максимумов.

Задержание в водохранилищах руслоформирующих наносов и сброс в нижний бьеф осветленной воды сопровождается общим размывом отводящего русла на некоторой длине. Первоначально считали, что недогрузка потока наносами на участке размыва ослабит образование свальных течений и размывы ими берегов. Однако отмечены усиленные размывы берегов, плотин ниже водохранилищ. Например, после ввода в действие Чардаринского водохранилища на Сырдарье начался интенсивный размыв вогнутого берега излучины отводящего русла. Интенсивные размывы берегов обнаружены также при модельных исследованиях общего размыва нижнего бьефа Тюямуюнского гидроузла на Амударье, проведенных САНИИРИ. Интенсивные размывы берегов выше водохранилища, как показал опыт эксплуатации Туябугузского водохранилища на Ахангаране, можно ожидать в зоне выклинивания кривой подпора, где происходит отложение основной части крупных наносов.

В этой зоне может возникнуть необходимость обвалования реки.

Наиболее целесообразным направлением регулировочных и берегоукрепительных работ на реках с зарегулированным стоком может быть повсеместное сужение русла до устойчивой ширины продольными дамбами (или системами поперечных шпор) с последующим освоением отгороженной части поймы под посевы сельхозкультур. Почвенный слой можно создавать кольматажем.

На реках с незарегулированным стоком в основном будет проводиться односторонняя защита продольными дамбами, выдвигаемыми в русло.

Перспективными в защитно-регулирующих сооружениях следует считать сборные конструкции, возводимые современными промышленными методами. Это прежде всего дамбы из местного грунта с креплением откосов и прилегающих участков речного дна

железобетонными плитами, соединенными шарнирно. Необходимо разработать конструкцию, достаточно равномерно деформируемую при подмывах, прочную, хорошо связанную с подстилающим грунтом и обладающую повышенной шероховатостью. Особое внимание должно быть обращено на прочность и надежность шарниров, простоту их изготовления, предохранение шарниров от ржавления и повреждения, предотвращение вымыва подстилающего грунта через шарниры и зазоры, ослабление истирания плит донными наносами. Широкое применение может найти также крепление скользящими плитами.

Наряду со сборными креплениями из железобетонных плит большой интерес представляют гибкие тьюфики из асфальто-бетона (применение которых на реках Узбекистана пока мало изучено), а также из новейших материалов (стеклоткань, полимеры и т. п.), позволяющих устраивать крепления, обладающие гибкостью и водонепроницаемостью при условии минимальной суффозии. Возможны и другие решения, например, покрытие гравелистого откоса и дна проволочной сеткой с расчетом на предупреждение возможного вымыва мелких частиц и образование самоотмостки.

Для мелкопесчаного русла Амударьи в верхнем и среднем течении перспективно применение сквозных тьюфиков из проволочных спиралей, что подтверждено работами у порта Термез. На предгорных участках рек наиболее перспективны шпоры из сборно-балочных тетраэдров, а в условиях низовьев Амударьи — шпоры и дамбы из свай-оболочек. Для повышения эффективности, по-видимому, рационально увеличивать их застройку с помощью проволочных сеток, рассчитанных на задержание плавучего мусора.

На предгорных участках рек шпоры из балочных тетраэдров могут применяться не только как самостоятельные сооружения, но и для ослабления течений, возникающих вдоль длинных продольных дамб.

Современный уровень развития науки и техники привел к резкому уменьшению зависимости орошения от широко распространенной ранее, но не всегда возможной транспортировки воды самооттеком. Большие достижения отечественного гидромашиностроения, выпуск мощных насосов и электродвигателей при достатке электроэнергии сделали возможным подъем воды практически на любую высоту в экономически целесообразных размерах. Используя опыт строительства и эксплуатации насосных станций, инженеры и ученые разработали проекты насосных станций и систему их эксплуатации на промышленной основе.

В Узбекской ССР в 1977 г. из 3 млн. га орошаемых земель около 1 орошается или дренируется с применением насосных станций. Общее количество насосов различных типов, работающих для нужд мелиорации в сельском хозяйстве республики, превысило 30 тыс. За 1977 г. насосами перекачено более 3 млрд. м³ воды, а потребление электроэнергии превысило 3 млрд. квтч.

Применение современных насосных установок с учетом специфических особенностей орошаемого земледелия в Узбекистане позволило решить сложные инженерно-мелиоративные задачи.

Строительство и ввод в действие крупных машинных каналов с уникальными каскадами насосных станций с расходами до 200 м³/с и сложными гидротехническими сооружениями позволили перебросить сток многоводных рек на крупные орошаемые массивы, расположенные в низовьях маловодных рек Зарафшана, Шерабадарьян, Кашкадарьян, Сурхандарьян, Исфайрамская и др., где недостаток воды и систематически повторяющееся маловодье тормозили дальнейшее развитие сельского хозяйства.

Построенные и введенные в действие в восьмой и девятой пятилетках крупнейшие

насосные станции в комплексе Аму-Бухарского, Шерабадарского, Каршинского, Амузангского машинных каналов позволили резко повысить водообеспеченность староорошаемых земель и освоить сотни тысяч гектаров новых земель. Достаточно указать, что насосами только на этих 4 каналах перекачивается 1600 м³/с воды, а мощность основных двигателей составляет свыше 900 тыс. квт.

Применение плавучих насосных станций в низовьях Амударьи позволило гарантировать водообеспеченность земель в КК АССР и Хорезмской области независимо от резкого систематического снижения горизонтов воды в реке при бесплотном водозаборе.

Применение передвижных насосных агрегатов в колхозах и совхозах позволило резко повысить водообеспеченность земель, использовать на орошение слабоминерализованную воду из коллекторов и дрен, механизировать технику полива сельхозкультур. Значительный прирост земель дает освоение адыров, расположенных на территории населенных пунктов выше основных орошаемых массивов. Это эффективно для хозяйств, требует минимальных капиталовложений, так как не связано с переселением людей и строительством новых поселков.

В связи с освоением адырных земель и с учетом повторяющегося маловодья построено значительное количество малых и средних стационарных насосных станций в предгорных районах Ферганской долины, Ташкентской, Джизакской, Самаркандской и Сурхандарьинской областей. Применяются современные насосные агрегаты с высокими напорами (до 190 м) и относительно большой производительностью (до 1,5 м³/с). Впервые для орошения широко применены насосы типа 28М12×2, 10НМК×2, 24НДС и др.

В предгорных зонах применяются насосные установки для откачки пресной или слабоминерализованной воды скважин, напри-

мер, в Кашкадарьинской, Самаркандской, Ферганской, Наманганской областях работают более 5 тыс. скважин на орошение, достигается значительный эффект повышения водообеспеченности.

Устойчивая инженерная мелiorация более 250 тыс. га земель в Сырдарьинской, Ферганской, Бухарской, Ташкентской и Андижанской областях осуществляется с применением наиболее совершенного вида дренажа — вертикального.

Впервые в СССР в больших масштабах вертикальный дренаж получил развитие благодаря разработанным и внедренным в Узбекской ССР погружным электронасосам типа ЭЦВ, рассчитанным для условий высокой минерализации перекачиваемой воды, большого содержания абразивных частиц и с учетом других специфических условий.

Работа насосных станций зависит от сложного комплекса взаимосвязанных элементов, начиная от водозабора, электроснабжения и кончая автоматизацией, релейной защитой насосно-силового оборудования.

Вопросы проектирования, строительства и эксплуатации современных насосных станций и систем вертикального дренажа сформировались в самостоятельное направление в практической деятельности всех водохозяйственных организаций республики. Успешное внедрение и обеспечение надежной эксплуатации сложнейшего комплекса гидросооружений, насосов, гидромеханического и электрического оборудования стало возможным только благодаря целенаправленной слаженной работе проектных, конструкторских, научно-исследовательских, строительных и промышленных организаций.

ММиВХ УзССР разработало и осуществило мероприятия по переводу ремонта и эксплуатации насосных станций всех видов на промышленную основу.

Интересно отметить, что к 1917 г. на территории Узбекистана насчитывалось всего 130 мелких насосных установок с приводом от маломощных нефтяных двигателей, основные водопользовательские установки представляли собой древние чигири и нова, приводимые в действие в основном мускульной силой, частью течением. С 1924 г. начались работы по восстановлению и строительству новых насосных установок. Особенно нуждались в машинном орошении низовья Амударьи, где примерно для 150 тыс. га нужно было поднимать воду на высоту около 2 м.

Коллективизация сельского хозяйства потребовала расширения орошаемых площадей и механизации полива, для этого необходимо

было в сжатые сроки заменить чигири насосами. Например, в Хорезме в 1933 г. из 126,6 тыс. га 104,3 орошалось 46 тыс. чигирей, в Каракалпакии из 125,3 тыс. га — 33,8 16 тыс. чигирей.

С 1930 г. начали широко применяться простейшие насосные установки с приводом от тракторов, строились стационарные насосные станции с нефтяными двигателями. Проектирование и изучение работы этих насосных установок вел САНИИРИ, большой комплекс исследований выполнен под руководством Т. А. Колпаковой.

В 1937 г. в Хорезме 115,0 тыс. га 35,0 орошалось машинным способом, 32,0 — самотечным и 47,5 — чигирями, в Каракалпакии из 115 тыс. га соответственно 7,0, 91,0 и 17,0.

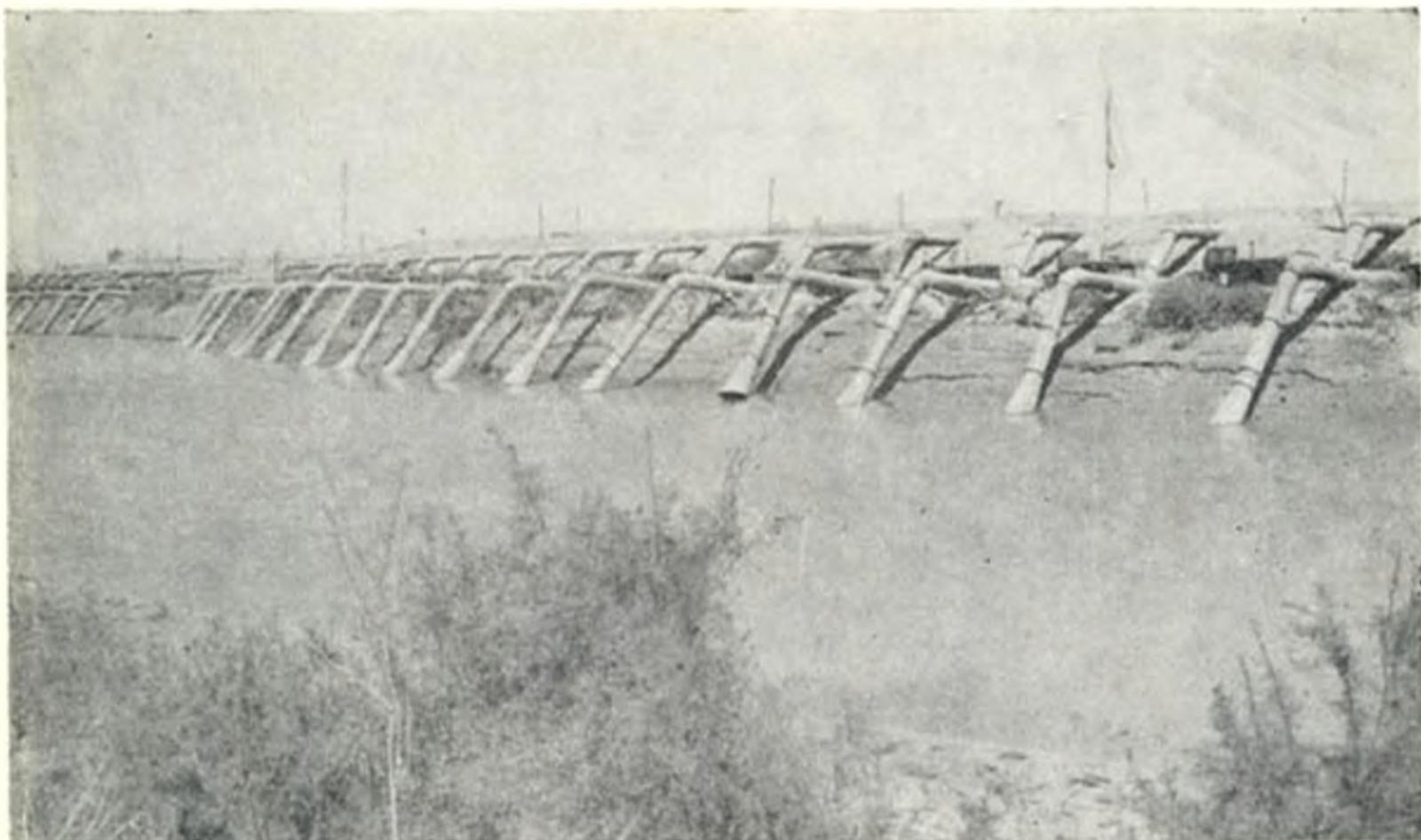
К 1941 г. мощность стационарных насосных станций достигла 6 тыс. л. с., тракторных насосных установок — 14 тыс. л. с., причем тракторными установками орошалось 70% всей площади машинного орошения, в 1943 г. — до 87%, а в 1947 г. — до 90%.

В Ферганской долине к 1937 г. находилось в эксплуатации только 25 насосных установок, которые орошали 7 тыс. га с подъемом воды на высоту 5—17 м.

В Голодной степи для машинного орошения хлопковых полей совхоза «Баяут» в 1929—1932 гг. были сооружены 4 насосные станции. Четвертая из них имела производительность 8,5 м³/с с напором 13 м, была оборудована отечественными центробежными насосами и дизелями, общая мощность — 2300 л. с. Эта станция была самой мощной в орошаемой зоне страны до 1952 г., когда эти земли были переведены на самотечное орошение из Южного Голодностепского канала.

Разработка насосов для условий Средней Азии. Необходимость ускоренного развития орошения и связанная с ним потребность освоения внутриазиатских перелогов, расположенных выше самотечных каналов, потребовала создания специального низконапорного насоса, простого по конструкции и безотказного в эксплуатации для большого количества водопользователей.

Многолетние исследования, проведенные САНИИРИ в 1939—1946 гг., позволили создать для условий Средней Азии низконапорные пропеллерные горизонтальные насосы с масляной смазкой, рассчитанные на водозабор из открытых источников при положительной высоте всасывания. Такой насос марки ПГ-35 с подачей 200—400 л/с был разработан в САНИИРИ В. А. Барановым и С. К. Перверзевым, в 1947 г. начат промышленный выпуск этого типа насоса.



Временная дизельная насосная станция на канале им. Ленина в КК АССР.

Использование оригинального технического решения — всасывающей трубы с приподнятым коленом (САНИИРИ) упростило технологию пуска и позволило отказаться от применения вакуум-насосов и запорных органов на напорных трубопроводах. Это упростило установку и процесс пуска насоса при положительной высоте всасывания. В САНИИРИ разработано 8 типоразмеров насосов марки ПГ:

Марка	Поддача, л/с	Напор, м
ПГ-35, ПГ-35М, ПГ-35МА	200—100	7—2
ПГ-35-2	200—350	10—7
10 ПГ, 08-25г	150—180	5—4
ПГ-50	550—700	11—5
08-35Г	250—450	11—4

Указанные насосы на одной оси соединялись с тракторным двигателем и поставлялись с комплектом всасывающих и напорных труб, что значительно облегчало их применение. Серийный выпуск этих установок налажен в Узбекистане с 1950 г., затем их начали выпускать в Казахстане, Азербайджане, а также в г. Астрахани. По данным САНИИРИ, к 1968 г. выпущено около 40 тыс. насосных агрегатов типа ПГ.

Электрификация насосных станций. Небольшие установки с тепловыми двигателями

не могли обеспечить потребности в машинном орошении. Необходимо было организовать водопользование на базе дешевой электрической энергии. Еще в 1916 г., а затем в 1920 г., при разработке плана ГОЭЛРО, Г. К. Ризенкампф указывал на необходимость развития гидроэнергетики для нужд крупных систем машинного орошения в Средней Азии.

Сооружение до 1941 г. в бассейне Чирчика каскада гидроэлектростанций, имеющих летнюю пиковую мощность, создало в Узбекистане условия для развития машинного орошения с использованием электроэнергии для насосных станций. С 1950 г. после завершения строительства на Сырдарье Фархадской, а затем Кайраккумской гидроэлектростанций на территории Узбекистана и Таджикистана, началось массовое строительство электрифицированных насосных станций, оборудованных горизонтальными центробежными насосами. Наиболее крупная из этих станций — Баяутская производительностью 13 м³/с сооружена в Голодной степи в 1959 г. Она орошает 13 тыс. га в совхозах «Фархад» и им. Мичурина. На ней установлены 4 горизонтальных центробежных насоса 48Д-22 производительностью по 3,3 м³/с.

Для орошения земель, не подкомандных Баяутской насосной станции, из машинного



Монтаж передвижного насоса СНН-500/10

канала с помощью 13 одноагрегатных насосных станций вода подается непосредственно в напорные трубопроводы закрытой оросительной сети.

В 1958—1959 гг. для машинного орошения в Наманганской области сооружена Тюркурганская насосная станция производительностью 4 м³/с с напором 50 м, оборудованная 4 насосами 22НДС.

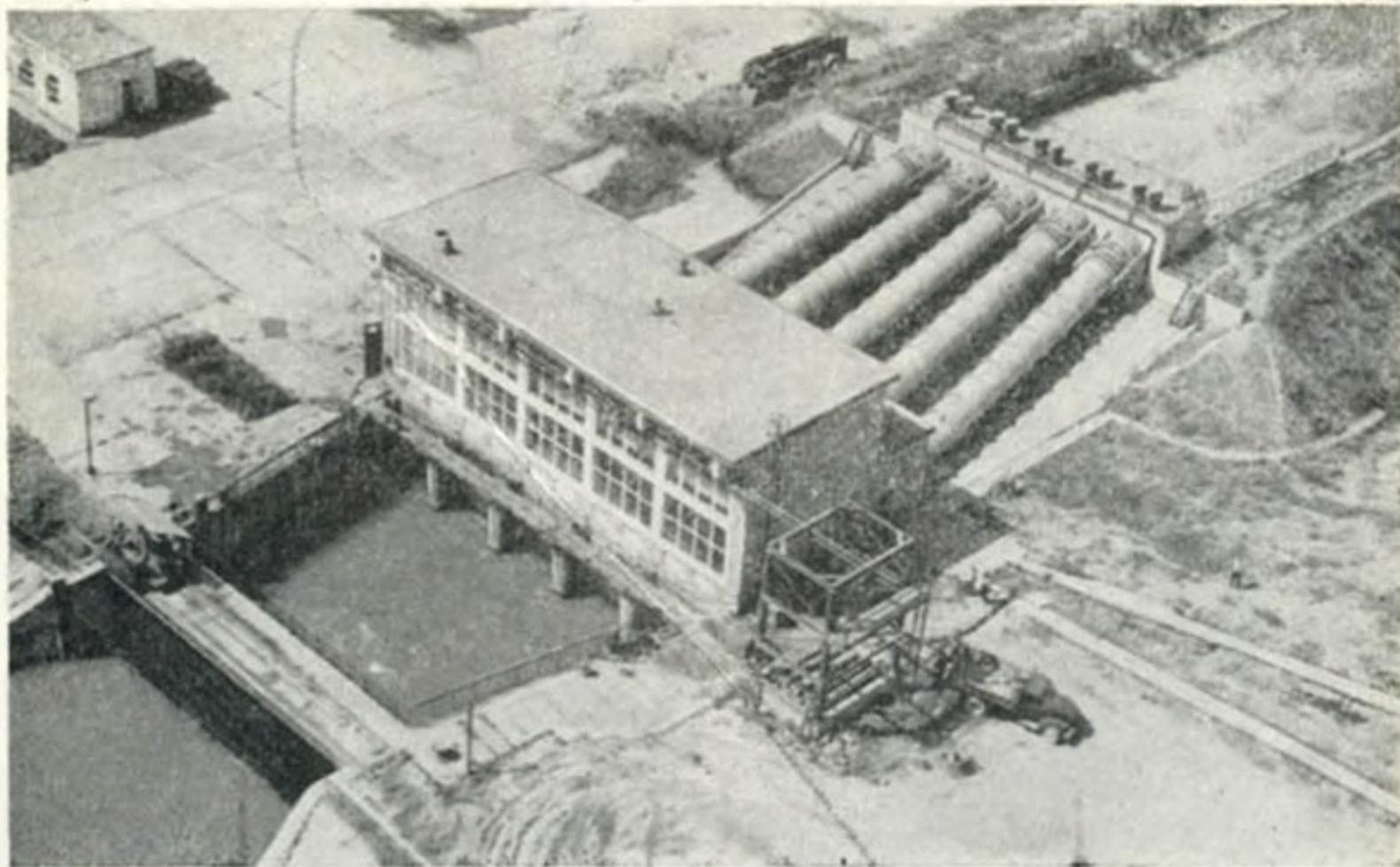
Крупные массивы машинного орошения. Следующий этап развития машинного орошения в Узбекистане начался после 1960 г. Наряду с применением горизонтальных насосов велось строительство мощных насосных станций производительностью до 200 м³/с с вертикальными агрегатами для орошения крупных массивов Бухарского оазиса, Шерабадской долины, Каршинской степи и др. Этому способствовал быстрый рост энергетических мощностей в Узбекистане, в основном за счет крупных тепловых электростанций.

При комплексном использовании водных ресурсов, развитии энергетики всегда учитываются интересы и возможности всех республик Средней Азии. Сооружение крупнейших в Средней Азии Нурекского, Токтогульского, Чарвакского и Андijanского водохранилищ

наряду с улучшением водообеспеченности существующих и вновь орошаемых земель позволяет использовать для машинного орошения энергию крупных гидроэлектростанций при этих водохранилищах, так как сработка основных объемов воды совпадает с графиком работы большинства насосных станций машинного орошения и вегетационный период.

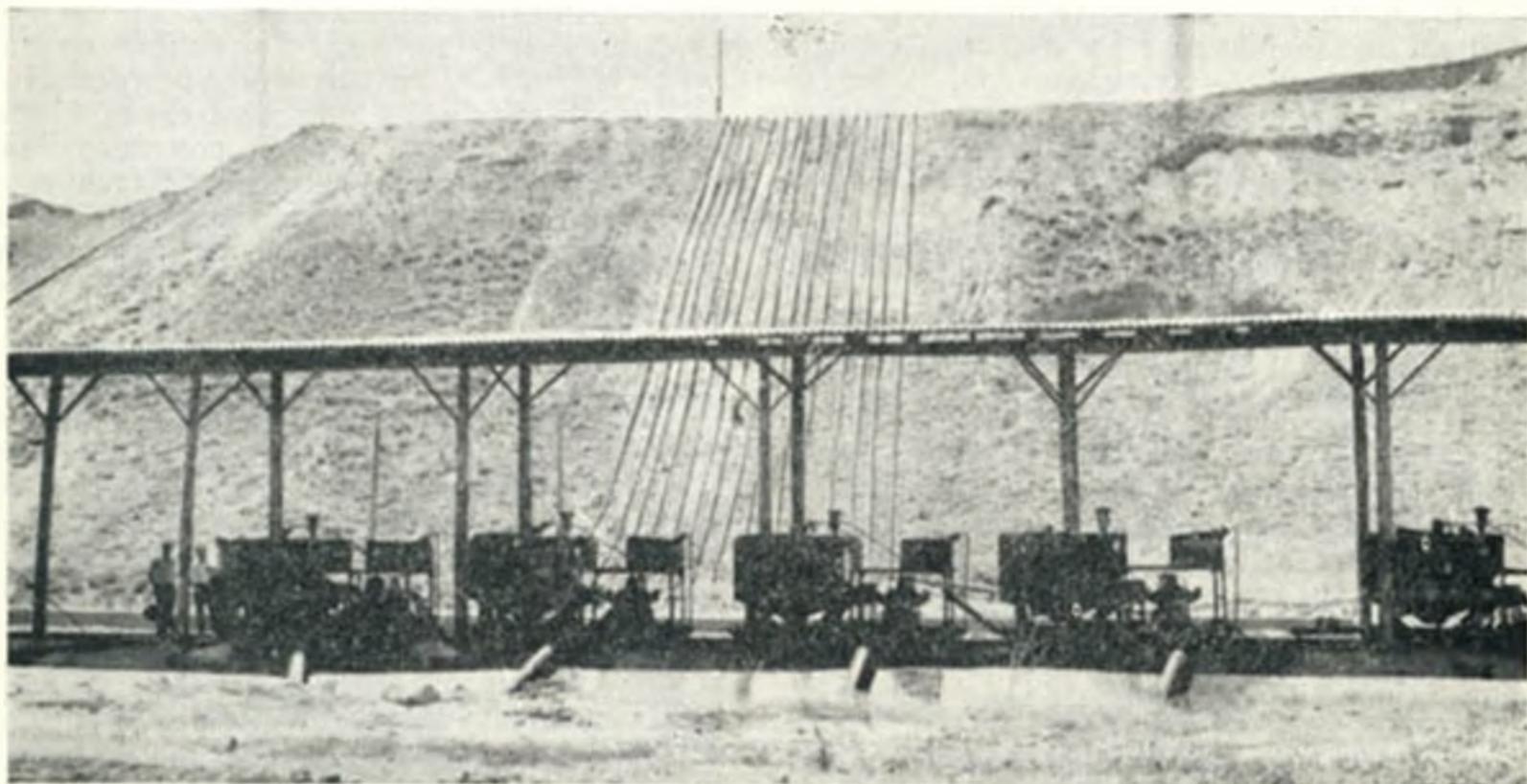
В Узбекистане первые крупные насосные станции — Алатская и Каракульская — были сооружены на Аму-Каракульском машинном канале в 1962—1963 гг. для орошения 40 тыс. га в хвостовой части Зарафшанской оросительной системы. Эти станции оборудованы осевыми поворотно-лопастными насосами, на которых впервые применены электрические механизмы разворота лопастей рабочего колеса на ходу.

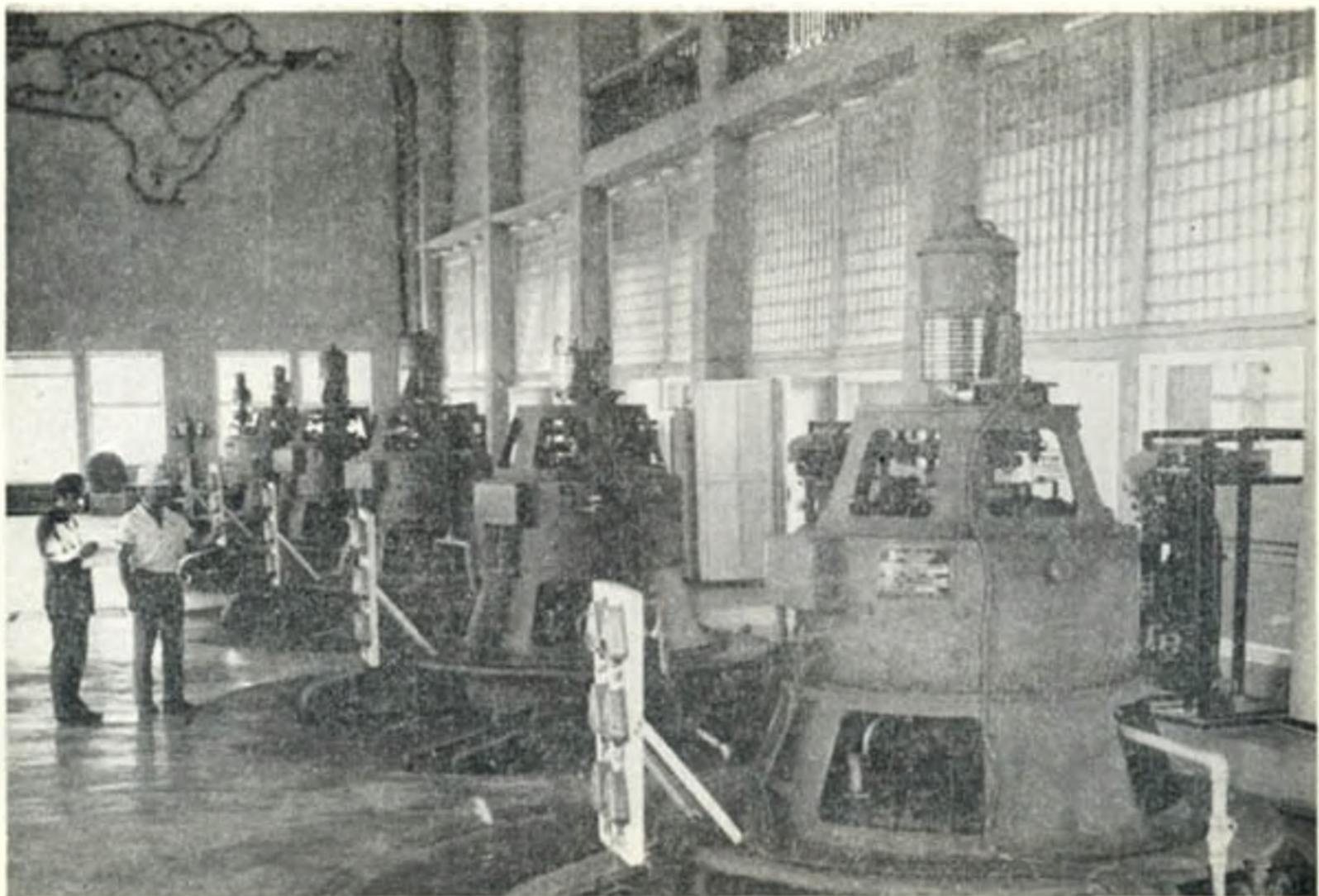
Вслед за Аму-Каракульским каскадом в 1965 г. пущена первая очередь Аму-Бухарского машинного канала, что позволило оросить 24 тыс. га новых земель и перевести на орошение амударьинской водой 90 тыс. га в Бухарском оазисе. Первая насосная станция этого каскада — Хамзинская — производительностью 68 м³/с поднимает воду верти-



Насосная станция на Сырдарье.

Насосная дизельная станция на адирных землях Андижанской области.





Машинный зал Шерабадской насосной станции.

кальными центробежными насосами на высоту 45 м. От нее по каналу протяженностью 170 км вода поступает к насосной станции второго подъема — Куюмазарской, оборудованной 2 группами осевых насосов. Первая группа насосов ОП-11-193Э в вегетационный период перекачивает воду в оросительные каналы, а зимой — в Куюмазарское водохранилище. Вторая группа насосов ОП-10-185Э летом подает воду из Куюмазарского водохранилища на орошение. Производительность каждой группы насосов по 60 м³/с, напор соответственно 18 и 21 м.

В 1966 г. начала работать оборудованная высоконапорными осевыми насосами ОП-10-185Г Шерабадская насосная станция, предназначенная для машинного орошения 86 тыс. га целинных земель на юге Сурхандарьинской области, где выращиваются ценные тонковолокнистые сорта хлопчатника. Расчетная производительность станции 110 м³/с, при использовании резервного агрегата — 140 м³/с.

В связи с крайне ограниченными запасами воды в Сурхандарье при наличии Южно-

Сурханского и Учкызыльского водохранилищ, для улучшения водообеспеченности земель Сурхан-Шерабадской степи в крайне сжатые сроки в 1973 г. сооружен двухступенчатый Аму-Зангский каскад насосных станций производительностью 30 м³/с. С помощью этого каскада амударьинская вода подается через Зангский гидроузел в канал Занг. На станции первого подъема установлено 32 горизонтальных центробежных насоса 24 НДС, второго — 27.

В 1973 г. начал работать уникальный шестиступенчатый каскад насосных станций и гидросооружений Каршинского магистрального машинного канала, который в первую очередь должен оросить 200 тыс. га новых земель в Каршинской области. Максимальный расчетный расход каскада 195 м³/с, общая высота подъема 132 м. На насосных станциях каскада успешно работают самые крупные в Советском Союзе осевые высоконапорные насосы ОП-10-260Г отечественного производства с подачей до 40 м³/с каждый напором 25 м электродвигателями мощностью 12,5 Мвт.

Без увеличения производительности каскада сооружение Талимарджанского водохранилища с седьмой насосной станцией позволит оросить дополнительно 150 тыс. га второй очереди. Таким образом, общая площадь земель, орошаемых каскадом насосных станций, составит 350 тыс. га.

В 1974—1975 гг. вступили в строй насосные станции Хамза-11 и Кызылтепинская двухступенчатого каскада Аму-Бухарского канала второй очереди с расходом 105 м³/с. На них установлены крупные центробежные насосы с подачей 15 м³/с с мощностью 12,5 Мвт. Ввод этого канала позволил улучшить водообеспеченность свыше 70 тыс. га, а также дополнительно оросить 15 тыс. га новых земель Бухарской области. Для облегчения эксплуатации этих насосов, перекачивающих воду повышенной мутности, применены подшипники с масляной смазкой и предусмотрена возможность замены уплотнительных колец без демонтажа насоса.

Еще более крупные центробежные насосы с подачей 25 м³/с поставляются для Талимарджанской и Джизакской насосных станций, где впервые применено регулирование подачи воды каждым насосом.

Пущены в эксплуатацию три первых агрегата 72В-22 на Головной насосной станции Джизакского каскада с расчетным расходом 190 м³/с для орошения целинных земель Джизакской степи общей площадью 180 тыс. га.

Кроме крупных насосных станций (табл. 26), в Узбекистане для орошения некоторых массивов и улучшения водообеспеченности эксплуатируются и строятся менее мощные.

Плавучие насосные станции. Наряду со стационарными вода на полив подается также с помощью плавучих станций. Обычно они применяются при значительных колебаниях горизонтов воды в источнике, неустойчивых берегах или большом количестве наносов, когда сооружения стационарных станций экономически невыгодны. Они используются при временных водозаборах и необходимости ускорения ввода орошаемых земель, для обеспечения гарантированной подачи воды на промывные и вегетационные поливы в период низких горизонтов в реках.

С 1960 г. в Амударьинском дельтовом управлении оросительных систем КК АССР, в Хорезмском и Сурхандарьинском ОблУОС введены и успешно эксплуатируются 16 изготовленных в Чехословакии плавучих насосных станций производительностью по 7,5 м³/с и 240 плавучих насосных станций

отечественного производства типа НАП-1,1 производительностью по 1—2 м³/с. Они имеют автономный дизельный привод и высокую маневренность, что позволяет применять их для подпитывания каналов на всем протяжении нижней Амударьи.

Насосные станции чехословацкого производства изготовлены применительно к условиям работы на Амударье. На каждой установлено по 3 горизонтальных диагональных насоса НСК-10 завода Сигма-Лютин. При напоре 5—9 м один насос подает 2,7—1,7 м³/с. Насосы агрегированы дизелями марки 6Л 275 л. с. при 375 об/мин завода Шкода-Смихов.

Каждый насос подает воду по своему напорному трубопроводу, который состоит из плавающего участка длиной 20 м и передвижного длиной 60 м на берегу. На станции имеется мастерская, столовая, камбуз, умывальная, душ, уборные, склады инвентаря и продуктов, а также одноместные и двухместные каюты. Корпус станции состоит из нескольких самостоятельных понтонов, что обеспечивает его непотопляемость. Суммарное водоизмещение понтонов 280 т, длина корпуса 40 м, ширина 10 м, осадка 0,8 м.

Серийно изготавливаемые в нашей стране плавучие насосные станции НАП-1,1 оборудованы двумя насосами 20НДН, агрегированными через редуктор с дизелями 3 Дб мощностью 150 л. с. Каждый насос может подавать до 1 м³/с при напорах 6—8 м, а при меньших подачах он развивает напор до 18 м. В этих станциях применен оригинальный способ заливки насоса с помощью эжектирующего устройства.

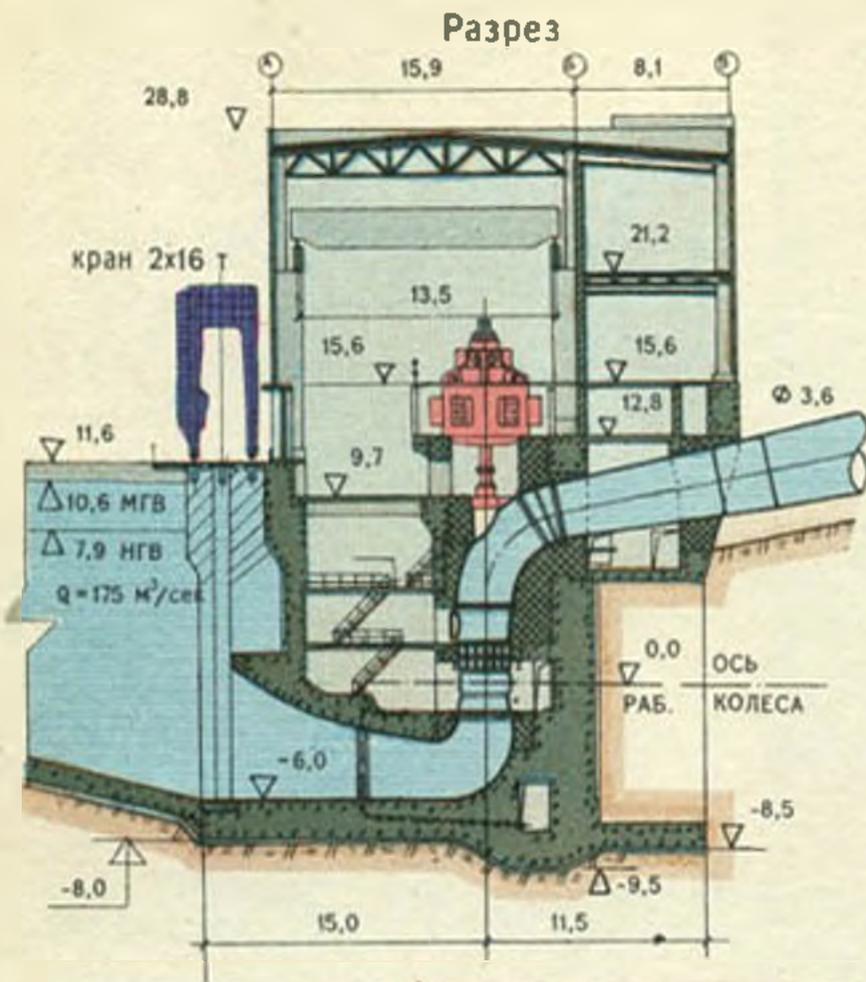
Для облегчения эксплуатации и сокращения затрат в Амударьинском дельтовом управлении оросительных систем на НАП-1,1 осуществляют замену центробежных насосов осевыми, более соответствующими условиям работы в низовьях Амударьи, а дизелей — электродвигателями. Кроме того, проходят государственные испытания разработанные ГСКБ по ирригации и намеченные к серийному производству плавучие электрифицированные насосные станции с горизонтальными осевыми насосами ИС ПЭР-2,5/10 и И СПЭ-4/10 производительностью 2—4 м³/с с напором в пределах 10 м.

Большинство крупных насосных станций оборудовано осевыми поворотными лопастными насосами, причем на наиболее мощных Шерабадской, Куюмазарской и на каскаде Каршинских насосных станций впервые успешно применены разработанные в нашей стране высоконапорные осевые насосы. Их преиму-

Таблица 26

Характеристика наиболее крупных насосных станций Узбекистана

Станция	Год ввода	Марка насоса	Параметры станции		
			расчетный расход, м ³ /с	напор, м	мощность, кВт
Бухарская область					
Аму-Каракульский каскад Алатская Каракульская	1962	ОП5-110Э	11	8.5	5.6
	1963	ОП5-110Э	33	8.5—5.5	4.8
		ОП6-110Э			
Аму-Бухарский каскад, первая очередь Хамзинская-I Куюмазарская*	1965	56В-17	68	52	45.0
	1965	ОП110-185Э	100	18—21	30.0
		ОП111-193Э			
Аму-Бухарский, вторая очередь Хамзинская-II* Кызылтепнинская* Кеннехская Яманджарская	1974	В17-16/55	105	52	125.0
	1975	В17-16/55	92	72—45	125.0
	1976	48Д22	12	26	6.0
	1970	ОП1-6-87 О6-55	13	5	1.4
Каракалпакская АССР					
Ленинская Каттагарская Бекабская Найман-Бештанская	1962	Осевой „Фойт“	54	2	1.5
	1965	ОП5-145Э	54	4	4.5
	1966	ОП5-145Э	50	5	4.5
	1967	ОП6-115К	30	5	1.6
Кашкадарьинская область					
Каршинский каскад Шесть насосных станций*, I, II, III, IV, V, VI подъемов Талимарджанская* Временная Талимарджанская*	1973	ОП110-260Г ОП111-260Г	195	110**	450.0
	Строится 1978	2400ВР-25/25	155	16—33	64.8
		72В-22 ОПВ-20000/12	50	12	0.9
Сурхандарьинская область					
Шерабадская* Амузангский двухступенчатый каскад	1966	ОП110-185Г	110	24—29	45.0
	1973	2НДС	32	81**	48.0
Джизакская область					
Джизакская* голодная	1978	2400В-25/40 72В-22	190	24—37	110.0
Андижанская область					
Ташкелик „Дружба“ „50 лет Октября“ Экин-Текин	1972	48Д-22	27	20	7.2
	1968	24НДС	9	83	9.6
	1971	24НДС	9	50	6.0
	1970	10НМК×2	3	130	5.1
Ферганская область					
Абдусаматская Восточный Арсиф БФК-Сох Исфайрам-Шахмардан	1967	ОП2-110Э	20	10	4.0
	1972	10НМК×2	2	130	5.1
	1972	28М12×2	2	160	5.0
	1974	28М12×2	3	170	7.5
Наманганская область					
Пунганская Чустская Уйчинская	1974	10НМК-2	3	165	6.3
	1966	28М12×2	5	197	15.0
	1976	24НДС	10	78	12.8



**Производительность
станции**

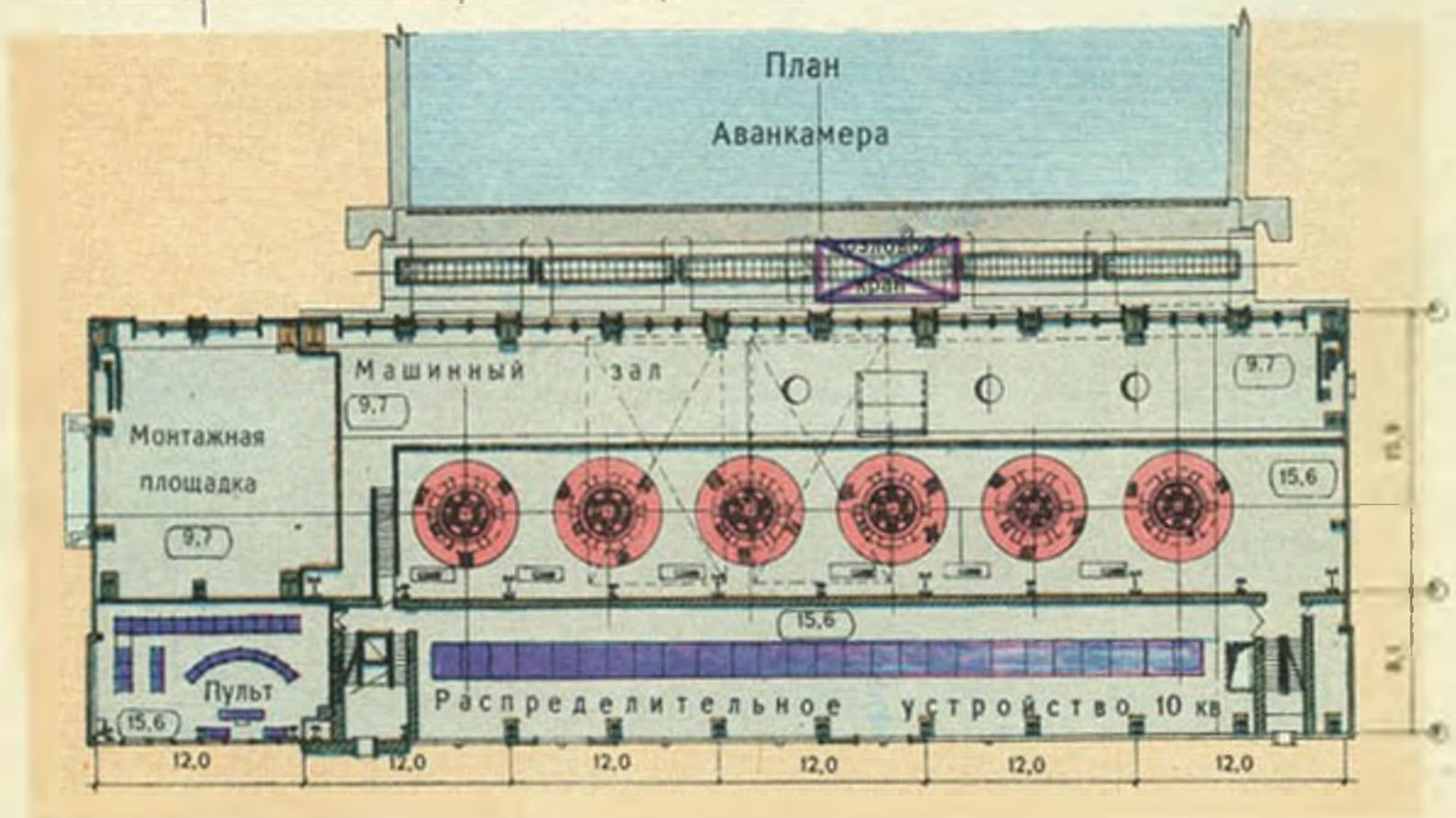
Макс. расчетная - 195 м³/сек
 Макс. по оборудов - 230 м³/сек

**Основное оборудование
Насос**

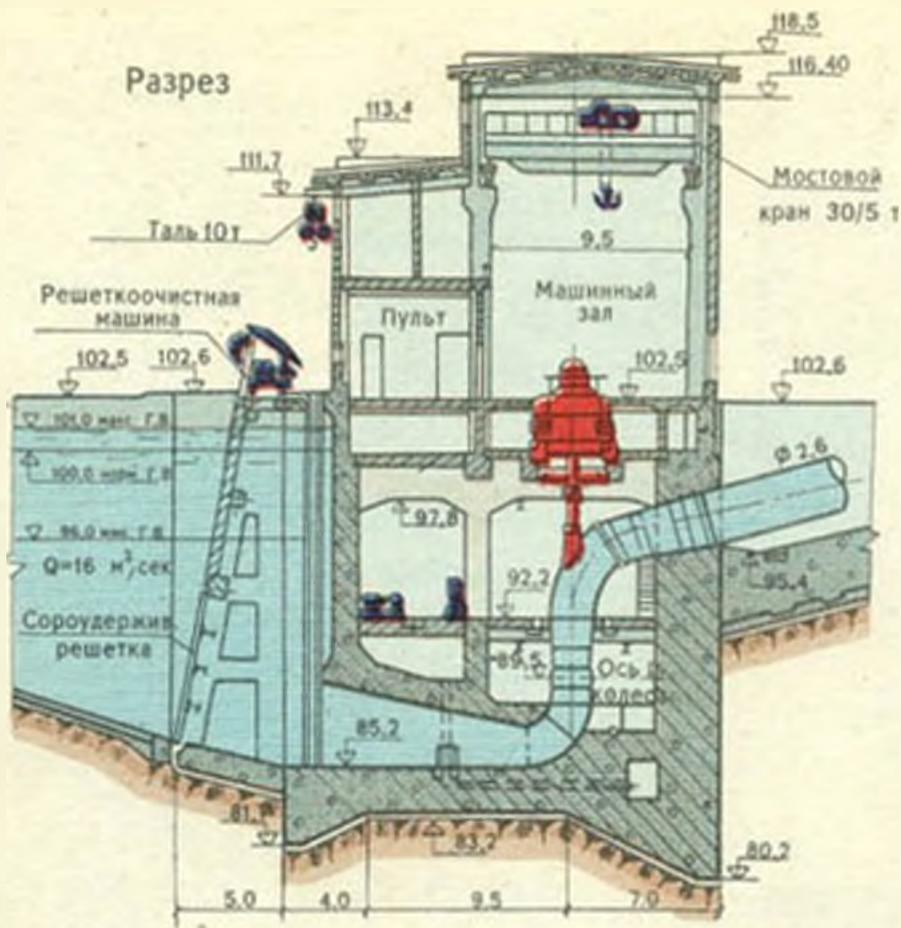
Марка-ОП-10-260
 Подача - 25-40 м³/сек
 напор-25 м
 Диаметр р. колеса - 2,6 м

Электродвигатель

Марка-ВДС-375-130-24
 Мощность-12,5 тыс. квт
 Обороты, мин-250
 Напряжение-10 кв



**Насосная станция на Каршинском каскаде
с вынесенным сороудерживающим сооружением**



Производительность станции

Макс.расчетн.110 м³/сек.
Макс.по оборуд. 140 м³/сек.

Основное оборудование

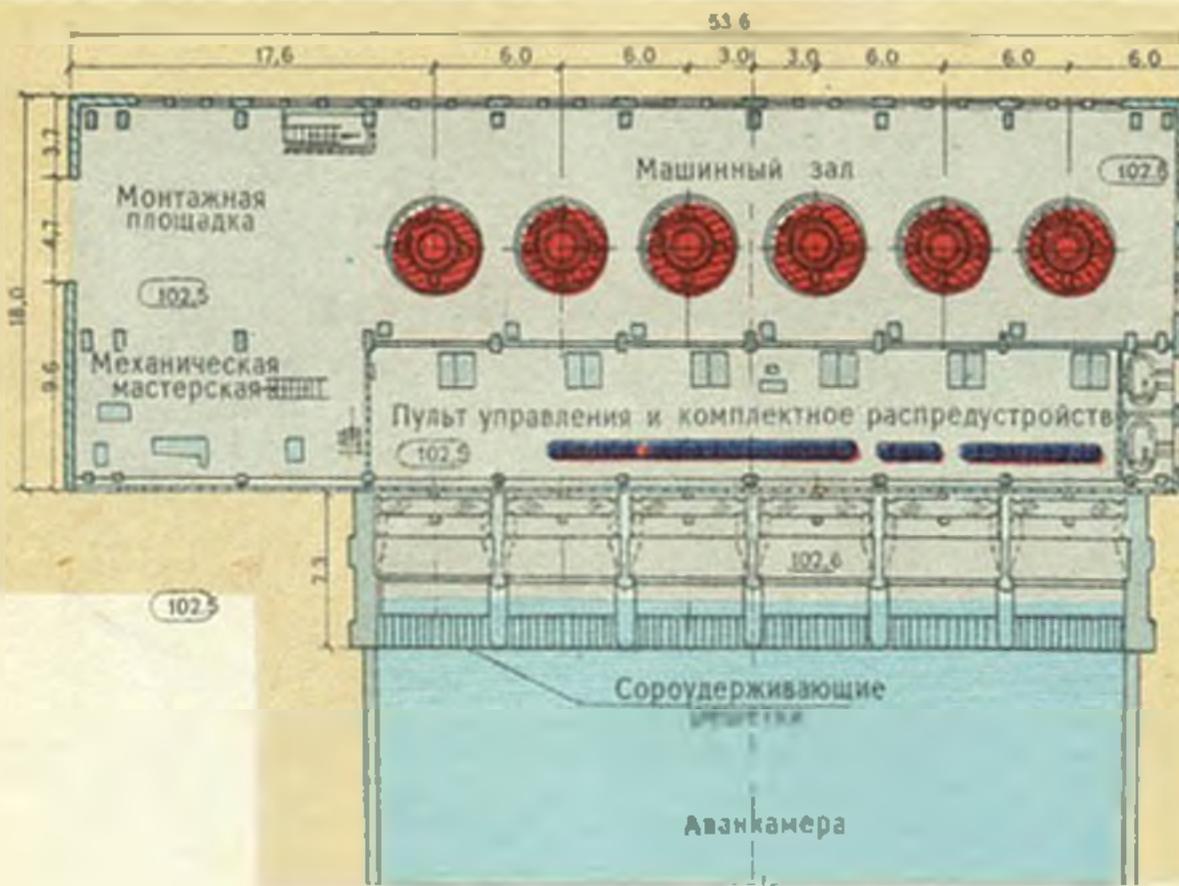
Насос

Марка - ОП-10-185 Г
Тип - осевой
Подача - 14-24 м³/сек
Напор - 24-28 м
Диаметр р.к. - 1.85 м
Вес - 32 т.

Электродвигатель

Марка - ВДСО-325-69-16
Тип - синхронный
Мощность - 7.5 тыс.квт.
Обороты - 375 в минуту
Напряжение - 10 кв.
Вес - 70 т

План



Шерабадская насосная станция с прислонным соросодерживающим сооружением

Основное оборудование

Насосы центробежные

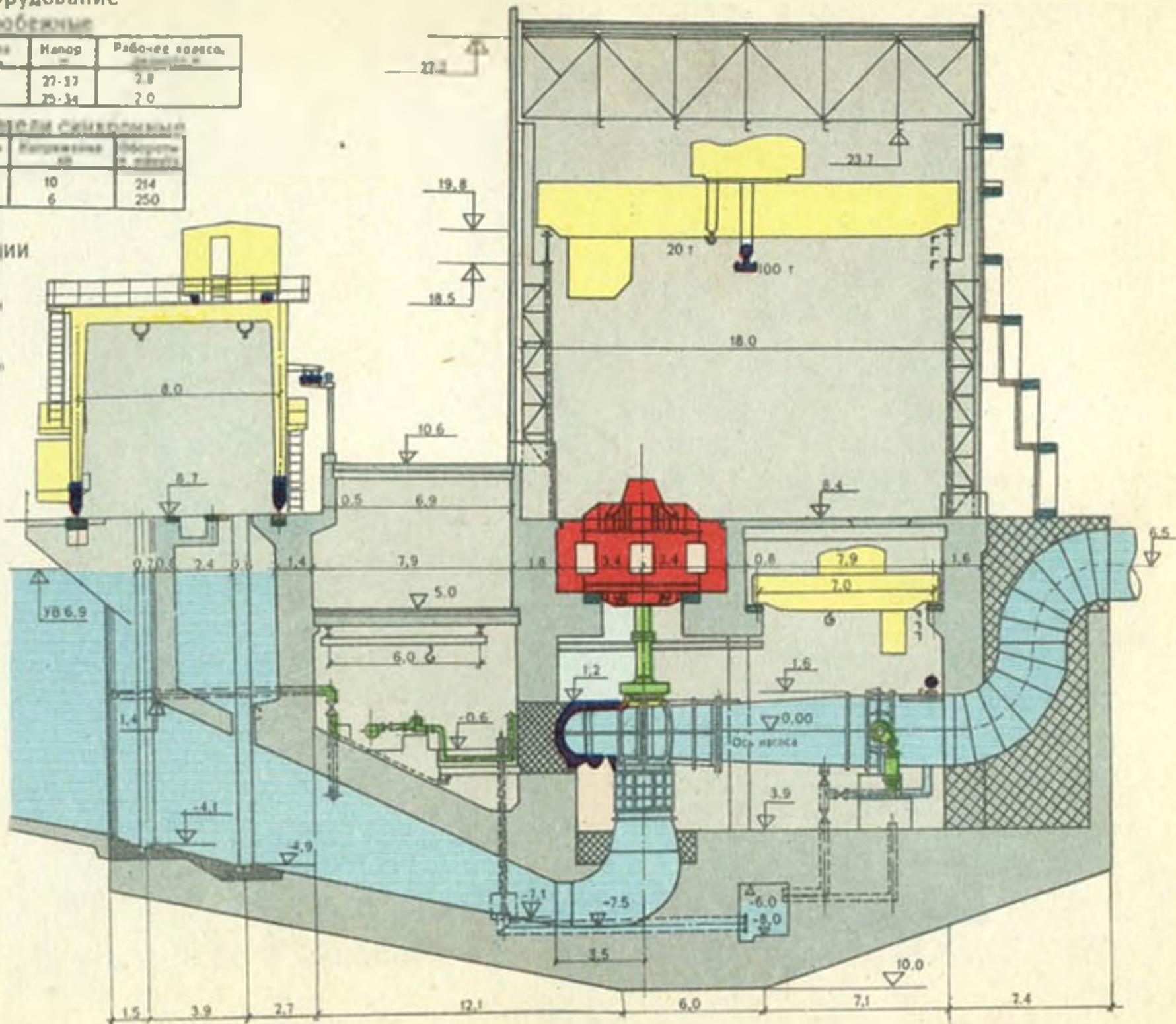
Марка	Скорость, об/мин	Напор, м	Рабочее колесо, диаметр, мм
2400 В-23/40-1	25	27-37	280
1600 В-10/40-0	10	25-34	200

Электроаппараты силовые

Марка	Мощность, кВт	Напряжение, кВ	Обороты в минуту
ВЭС-375/330-28	13,5	10	214
ВЭС-375/33-34	5,0	6	250

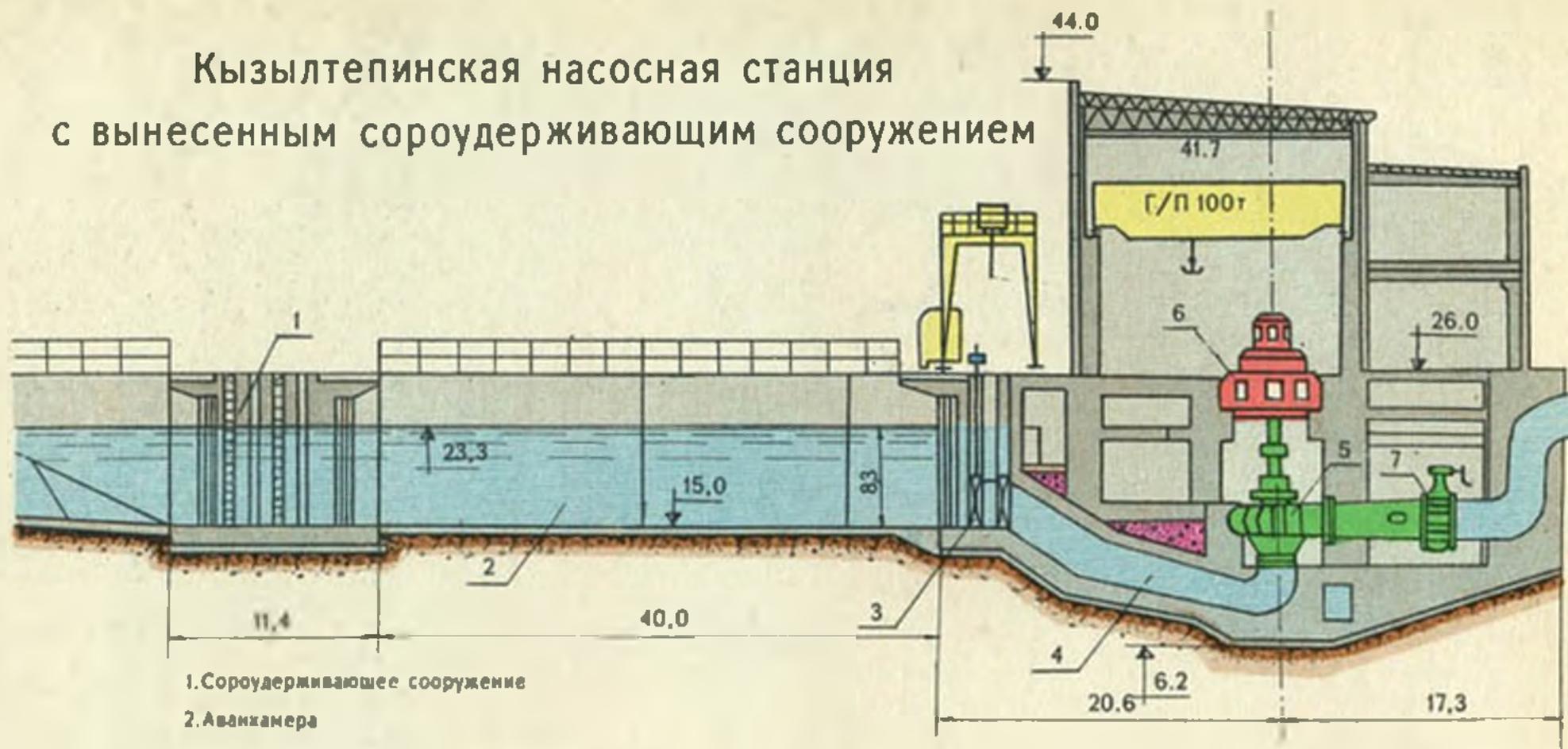
Параметры станции

- Площадь насосной установки — 100 м²
- Площадь машинного зала — 200 м²
- Напор гидравлический — 33 м
- Напор электротехнический — 41 м
- Установленная мощность — 140 кВт
- Количество агрегатов — 10



Джизакская головная насосная станция с прислонным сороудерживающим сооружением

Кызылтепинская насосная станция с вынесенным сороудерживающим сооружением



1. Сороудерживающее сооружение
2. Аванкамера
3. Затворы перед всасывающими трубами
4. Наклонная всасывающая труба
5. Центробежный насос В-17 16/55
6. Электродвигатель ВДС-375/130-24
7. Дисковый затвор

Основное оборудование

Насос центробежный В-17-16/55
Электродвигатель ВДС-375/130-24

Параметры станции

Подача максимальная - 150 м³/сек
Напор - 46-53 м
Установленная мощность 125 Мвт.
Число агрегатов-10

Станция	Год ввода	Марка насоса	Параметры станции		
			расчетный расход, м ³ /с	напор, м	мощность, Мвт
Сырдарьинская область					
Баяутская	1959	45Д-22	12	26	4.8
Сырдарьинская № 3	1964	ОП-5-110	25	10	4.0
Сырдарьинская № 6	1967	ОП-2-110КЭ	25	10	4.0
Сардобинская	1970	ОП-6-87 ОП-6-55	13	5	1.4
Самаркандская область					
Нарнай	1973	2ИНС	12	50	9.6

- На этих насосных станциях установлен 1 головке образцы новых насосов.
- Суммарный манометрический напор всех станций каскада.

щества: меньший вес и габариты, возможность плавного регулирования водоподачи, из-за отсутствия запорных органов — простая схема автоматического управления агрегатом, благодаря большим оборотам осевого насоса — меньшие размеры, вес и стоимость электродвигателя, меньшие габариты строительной части зданий насосных станций. Эти достоинства способствовали широкому применению их в современных проектах крупных насосных станций. Данные по крупным осе-

вым насосам на насосных станциях СССР представлены в табл. 27.

Преимущества осевых насосов перед центробежными были выявлены на примере Шерабадской насосной станции, где в 1961 г. было предложено использовать разработанный для канала Иртыш—Караганда осевой насос ОП-10-185 при увеличенной скорости вращения насоса с 333 до 375 об/мин, что повысило напор до 29 м, а расход до 24 м³/с. Это позволило поднимать воду осевыми на-

Плавучая чешская насосная станция.

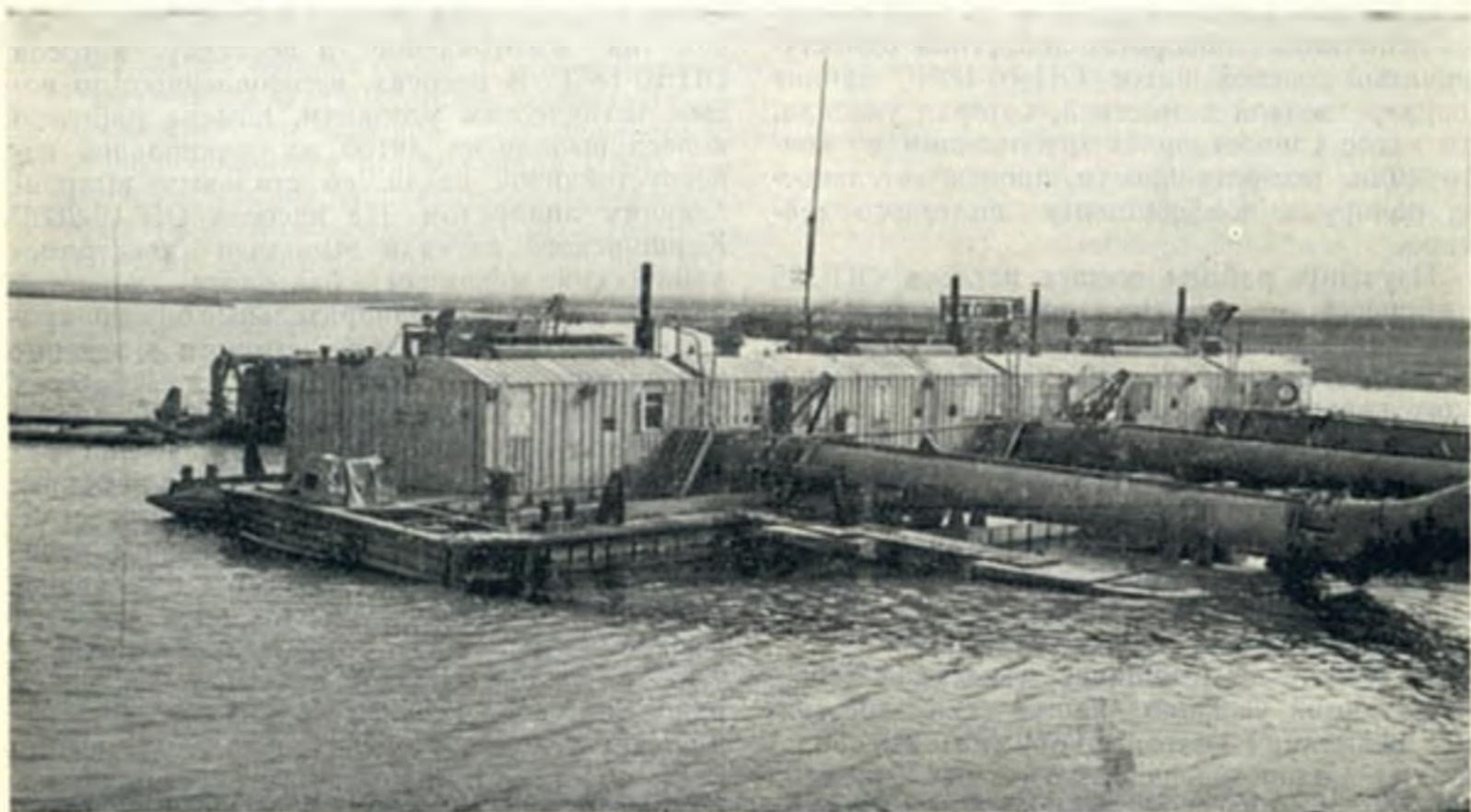


Таблица 27

Характеристика крупных осевых насосов на насосных станциях СССР

Станция	Кол-во агрегатов	Год ввода	Марка	Насос			Мощность электродвигателей	
				подача, м ³ /с	напор, м	диаметр рабочего колеса, м	кВт	об/мин
Куюмазарская	3	1965	ОП-10-185Э	13—20	21	1,85	5,0	333
	3	1965	ОП-11-193Э	13—20	18	1,93	5,0	333
Шерабадская	6	1966	ОП-10-185Г	14—24	24—29	1,85	7,5	375
Каршинская I подъема	6	1973	ОП-11-260Г	25—40	18	2,60	12,5	250
Каршинские II, III, IV, V и VI подъемов	30	1973	ОП-10-260Г	25—40	23—28	2,60	12,5	250
Каховская головная	12	1975	ОП-10-260Г	25—40	21—25	2,60	12,5	250
	2	1973	ОП-10-185	13—20	21—25	1,85	5,0	333
Канал Иртыш—Караганда	76	1971	ОП-10-185	13—20	19—21	1,85	5,0	333
	12	1971	ОП-11-185	13—20	17	1,85	5,0	333
Саратовский канал	8	1972	ОП-10-185Г	14—18	21—22	1,85	5,0	333
	8	1972	ОП-10-185Г	14—18	15—16	1,85	4,0	300

сосами на требуемую высоту одним подъемом.

Для обеспечения тех же параметров вместо 6 осевых насосов ОП-10-185 потребовалось бы установить 10 центробежных насосов 70В-36, причем вес каждого центробежного насоса в 2 с лишним раза превышает вес осевого.

Изготовленный на заводе «Уралгидромаш» первый головной образец насоса ОП-10-185 с гидравлическим механизмом разворота лопастей был пущен на Шерабадской насосной станции в 1966 г. по временной схеме с повышенным напором до 31 м. В 1967 г. после испытаний поворотной лопастью одноступенчатый осевой насос ОП-10-185Г принят Государственной комиссией, которая указала, что насос удовлетворяет требованиям по конструкции, технологичности, производительности, напору и коэффициенту полезного действия.

Изучение работы осевых насосов ОП-185 в процессе эксплуатации позволило разработать еще более мощные осевые насосы ОП-260 с подачей 25—40 м³/с для Каршинского каскада и Каховской насосной станции. В этих насосах для уменьшения вибрации агрегата направляющий аппарат и отвод замонтированы в бетонном блоке здания, тяжелые люки лазов повешены на поворотных петлях, повышена износостойчивость многих узлов насоса и механизма разворота лопастей, облегчен демонтаж рабочего колеса.

В 1973 г. на Каршинском каскаде насосных станций успешно прошли государственные испытания головные образцы высоконапорных одноступенчатых осевых насосов ОП-10-260Г, изготовленные «Уралгидрома-

шем». Государственная межведомственная комиссия присвоила им высшую категорию качества. Крупные высоконапорные осевые насосы ОП-10-260Г и ОП-10-185 также применены на самой большой в Европе и в нашей стране головной Каховской насосной станции общей производительностью 530 м³/с на Украине.

Следует отметить, что модернизация осевых насосов осуществлялась в процессе опытно-производственной эксплуатации головных агрегатов. Так, на Шерабадской насосной станции по замечаниям эксплуатационников были разработаны новые технические условия на изготовление и поставку насосов ОП-10-185Г. В насосах, изготовленных по новым техническим условиям, камера рабочего колеса выполнена литой из специальной износостойчивой стали, со стальным направляющим аппаратом. На насосах ОП-10-260Г Каршинского каскада выполнен электромеханический механизм разворота лопастей рабочего насоса, предварительные опытно-производственные испытания которого в течение нескольких лет проводились на насосах ОП-10-185Г Шерабадской насосной станции, где ранее поставленный гидравлический механизм был заменен электрогидравлическим.

В процессе эксплуатации насосных станций на Аму-Бухарском и Каршинском каналах, где насосы перекачивают амударьинскую воду с большим содержанием наносов, быстро выходили из строя подшипниковые узлы с водяной смазкой и истирались шейки валов насосов. Износостойчивость подшипниковых узлов повышена за счет улучшения конструкции уплотнений и устройства на валу насоса стальной рубашки. Система с ру-

башкой вокруг вала и циркуляцией воды используется на насосах ОИ-260 Каршинских насосных станций.

Успешное применение высоконапорных осевых одноступенчатых насосов на Шерабадской, Каршинской и Каховской насосных станциях доказало возможность и целесообразность использования крупных осевых насосов с напорами до 30 м.

Проектирование, исследования и внедрение. Проектирование крупных насосных станций осуществляется с проведением гидравлических модельных исследований. Исследуются аванкамеры, всасывающие трубы и сопряжения напорных трубопроводов с водовыпускными сооружениями. По результатам модельных исследований принимаются оптимальные решения.

По рекомендации В. В. Пославского Шерабадская насосная станция запроектирована так, что до сработки Южно-Сурханского водохранилища, из которого она питается, подводящий канал работает в подпорном режиме с наполнениями, превышающими требуемые на 3–5 м. Это позволяет ежегодно экономить более 15 млн. квт·ч электроэнергии и улучшает условия работы насосов.

На насосных станциях Аму-Бухарского канала второй очереди разработана наклонная всасывающая труба. Она удлинена и выполнена с подъемом к каналу. Это позволило сократить глубину аванкамеры и увеличить скорости воды в ней. На расположенных перед аванкамерой сороудерживающих сооружениях этих станций применена сороудерживающая машина непрерывного действия. Наклонная всасывающая труба с приелонным сороудерживающим сооружением применена также на головной Джизакской насосной станции.

Опыт эксплуатации крупных насосных станций показал, что аванкамеры не обеспечивают нормальный подвод воды к оголовкам всасывающих труб всех насосов, особенно крайних. Перед ними образуются воронки, периодически подсасывающие воздух, что вызывает вибрацию агрегата, снижение его подачи и моторесурса. В результате выполненных САНИИРП натурных и лабораторных исследований аванкамер насосных станций Хамза-1 на Аму-Бухарском канале и Карши-1 на Каршинском каскаде изучено движение потока в аванкамере и предложены простые и эффективные технические решения: поперечная стенка на дне аванкамеры и развитый навстречу потоку вход во всасывающую трубу. Каждое из этих решений в определенных условиях обеспечивает расширение потока в

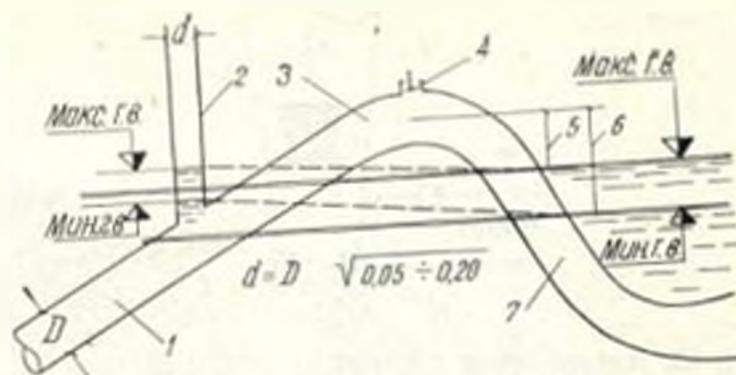


Рис. 54. Аэрационная труба для срыва вакуума в сифонных водовыпускных сооружениях насосных станций ($t < T$, t — время истечения воды из аэрационной трубы, T — время от отключения насоса до начала обратного течения воды из водовыпускного сооружения):

1 — напорный трубопровод ФД, 2 — аэрационная труба ФД, 3 — сифон, 4 — вспомогательный клапан САНИИРП для расширения диапазона работы аэрационной трубы, 5 — величина вакуума в сифоне при максимальном уровне воды в машинном канале, 6 — то же при минимальном уровне, 7 — водовыпуск.

плане, выравнивает эюру продольных скоростей и исключает обратные водоворотные зоны с воронками.

На всех насосных станциях с осевыми насосами и на большинстве насосных станций с центробежными сопряжение трубопроводов с машинными каналами осуществляется сифонными водовыпусками, оборудованными клапанами срыва вакуума (КСВ). В Узгипроводхозе разработано несколько конструкций клапанов срыва вакуума.

Начала широко применяться разработанная в 1961 г. в Средазгипроводхозе аэрационная труба, которая является наиболее простым и надежным гидравлическим устройством для срыва вакуума. Она установлена на Джалалабадском канале в Афганистане и на Саятской насосной станции в Бухарской области. Особенно эффективным оказалось применение усовершенствованной трубы на Каршинском каскаде (рис. 54).

Для насосных станций Джизакского каскада и Талимарджанской насосной станции ВНИИгидромаш разработал конструкцию регулируемых центробежных вертикальных насосов. На временной насосной станции Талимарджанского водохранилища впервые применены высокоэффективные осевые погружные электронасосы ОИВ-20000/12, в которых насос 02-110 агрегирован с капсульным воздухом наполненным электродвигателем мощностью 1000 квт. Эти электронасосы прошли испытания и совершенствовались на 69-й насосной станции Северо-Крымского канала.

СредазВНИИгидромаш разработал и внедрил оригинальную систему технической диагностики вертикальных насосных агрегатов, основанную на измерении вибрации отдельных узлов работающего агрегата.

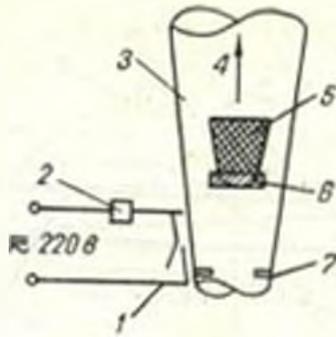


Рис. 55. Датчик струи САНИИРИ ДСС-2:

1 — магнитоуправляемый пружинящий контакт, 2 — промежуточный вал, 3 — коническая трубка (неметаллическая), 4 — течение воды, 5 — поплавок, 6 — постоянный магнит, 7 — упор для поплавка

Совместно с Харьковским турбинным заводом СредазВНИИГидромаш разработал, изготовил и проводит испытания самоустанавливающихся сегментных подшипников с резиновой поверхностью на насосах ОП-10-185Э Кюмазарской насосной станции.

На насосных станциях Узбекистана широко внедряются индукционные расходомеры ИР-56 Таллинского завода, предназначенные для трубопроводов диаметром 600—1400 мм.

На Каршинском каскаде насосных станций внедрен разработанный САНИИРИ бесконтактный датчик, контролирующий подачу и расход воды, поступающей на смазку и охлаждение подшипников вертикальных насосов (рис. 55).

Значительный интерес представляет пуск в эксплуатацию комплекса сооружений Каршинского каскада насосных станций, где в процессе первых лет эксплуатации были решены многие сложные вопросы, с которыми в практике эксплуатации насосных станций столкнулись впервые (И. К. Дуденко). В связи со сложностью бесплотинного забора воды из Амударьи для орошения Каршинской степи были выявлены оптимальные режимы работы насосов ОП-11-260Г для минимальных уровней воды в подводящем канале.

Кроме того, служба эксплуатации Каршинского каскада провела следующие мероприятия. На всех станциях каскада применен прямой безреакторный пуск 10 кв электродвигателей мощностью 12,5 Мвт вместо пуска через реактор. Это упростило схему автоматического пуска агрегата и позволило отказаться от громоздких реакторов. Улучшено охлаждение электродвигателей мощностью 12,5 Мвт за счет параллельного подвода воды к воздухоохладителям вместо принятого заводом последовательного подвода. Для лучшего осветления воды на смазку подшипников насосов на станции № 1 сооружен большой земляной отстойник с бетонной об-

лицовкой откосов; отбор воды из него ведется из верхних слоев с помощью поплавкового водозаборного устройства, вода в него поступает самотеком из машинного канала.

Внедрена статическая балансировка рабочих колес насосов, снизившая число аварий.

На насосных станциях Амузганг по проекту Ташкентского отделения Союзгипрориса внедрен комплекс мероприятий для ускорения пуска насосов, улучшения условий эксплуатации и повышения надежности их работы. Модернизация вакуумсистемы позволяет осуществить пуск любого насоса с помощью работающих насосов. Напорные песколовки защищают сальники и систему охлаждения подшипников от крупных наносов.

На насосных станциях, оборудованных горизонтальными центробежными насосами, имеющих трубопроводы длиной 300—500 м, применено гашение гидравлического удара за счет пропуска воды через насос. Этот способ позволил отказаться от обратных клапанов, создающих дополнительное гидравлическое сопротивление. Для гашения гидравлического удара пропуском воды через насос при более длинных трубопроводах применяется торможение насосного агрегата. Две конструкции механического тормоза для агрегатов мощностью до 1500 квт были разработаны ГСКБ по ирригации и испытаны на действующих насосных станциях.

Для непрерывного автоматического измерения расход воды в каналах САНИИРИ разработал поплавковый преобразователь — расходомер ПРК-2.

Применение ЭВМ в процессе проектирования позволило сократить трудовые затраты на сложные расчеты, повысило их точность и сделало возможными многовариантные проработки. Появилась также возможность провести многие трудоемкие и сложные расчеты, например, определение размеров и характера волн понижения давления, места разрыва сплошности потока, величины повышения давления от гидравлического удара, времени и скорости опорожнения трубопровода и величины возникающих при этом угонных скоростей вращений насоса, угонных скоростей обратного вращения насоса в аварийных ситуациях, при длительном сбрасывании воды вниз по напорному трубопроводу.

Внедрен также способ выполнения разверток сложных фасонных частей трубопроводов с помощью ЭВМ в табличной форме по системе координат. Сложные железобетонные элементы подземной части здания, воспринимающие различные нагрузки, обычно рассчи-

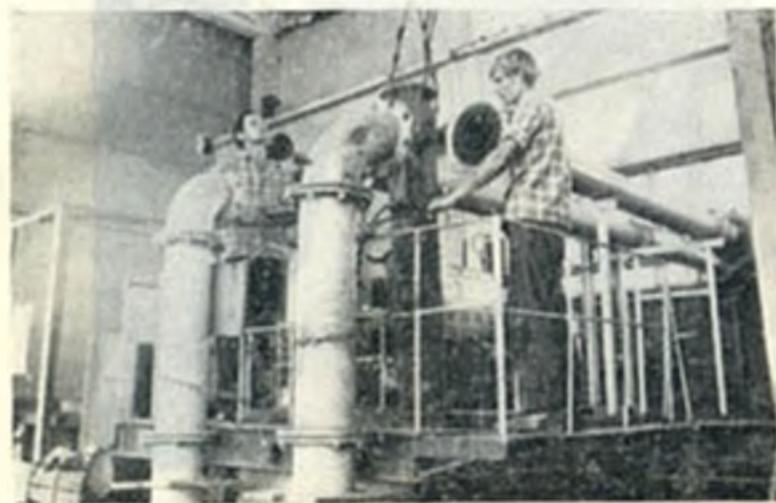


Центральная база ЦБЭРПИ.

ывались как отдельно работающие элементы. Статический расчет подземной части как единой системы можно осуществить с помощью моделирования поляризационно-оптическим методом. В лаборатории исследования конструкций Средазгипроводхлоска разработана методика изготовления объемных моделей с криволинейным внутренним контуром.

Много внимания уделяется вопросам архитектуры насосных станций и вспомогательных сооружений с учетом местных климати-

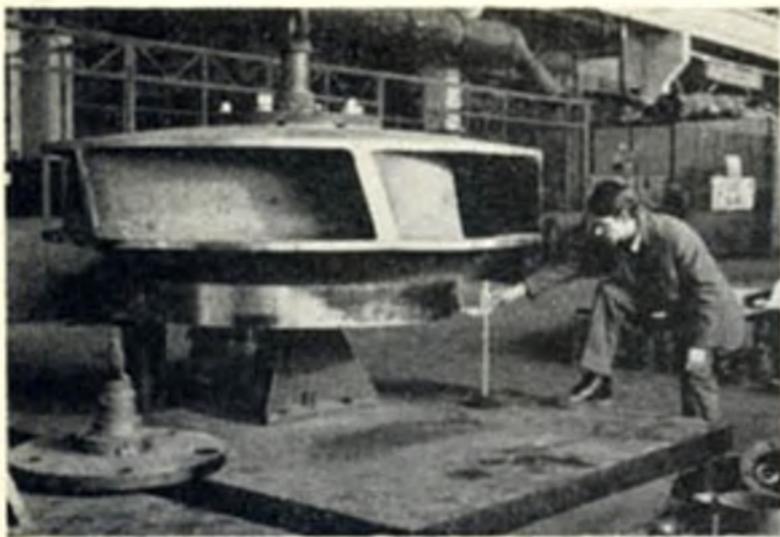
Стенд для испытания погружных насосов для скважин (ЭСРПИ).



ческих условий, декоративному оформлению напорно-станционных узлов, малым архитектурным формам, благоустройству и озеленению территории, а также устройству необходимых для эксплуатации вспомогательных служб. Архитектурное решение здания станции увязывается с оформлением вспомогательных служб и всего станционного узла.

Вопросы эксплуатации. Эксплуатация государственных стационарных и плавучих насосных станций для машинного орошения и насосных установок на скважинах вертикального дренажа ведется ММВХ УзССР, его организации по договорам с хозяйствами занимаются техническим обслуживанием, ремонтом внутрихозяйственных электрифицированных насосных станций. Передвижные насосные установки с дизельным приводом обслуживаются колхозами и совхозами, а ремонтные работы выполняют предприятия «Узсельхозтехники» по договорам с хозяйствами.

Эксплуатируемые насосные станции включают самые разнообразные водоподъемные установки — производительностью от десятков литров до сотен кубометров в секунду, мощностью от десятков киловатт до десятков тысяч. В то же время каждая насосная станция представляет собой сложный комплекс гидротехнических сооружений, гидромехани-



Обработка большого колеса на ЦБЭСРПП.

ческих и электрических устройств, оснащенных сложным, подчас уникальным оборудованием.

Многообразие типов насосных станций, разбросанных по всей территории республики, оснащение их различным оборудованием создают значительные трудности при их ремонте и эксплуатации, что усугубляется непригодностью насосно-силового оборудования, затворов, электрической аппаратуры, трубопроводной арматуры и контрольно-измерительных приборов к специфическим условиям работы в Средней Азии: тяжелый, часто круглогодичный режим работы насосов, большое количество наносов в воде (в составе которых имеются абразивные частицы) и плавающего мусора, повышенная минерализация воды, высокая температура окружающей среды, запыленность воздуха.

В связи с увеличением количества насосных станций, а также скважин на орошение и скважин вертикального дренажа затраты на их ремонт и эксплуатацию достигли в 1977 г. 55% всех затрат на эксплуатацию ирригационно-мелиоративных систем в ММиВХ УзССР.

Руководство проектированием, исследованиями, ремонтом, модернизацией и эксплуатацией насосно-силового оборудования возложено на созданное в составе ММиВХ УзССР в 1969 г. Главное управление насосных станций и вертикального дренажа.

Для обеспечения эксплуатации и ремонта насосно-силового оборудования и гидросооружений на очень крупных машинных каналах в составе ОбЛУОС организованы специализированные управления. Например, в составе Бухарского ОбЛУОС создано управление эксплуатации Аму-Бухарского машинного канала, где работает более 600 человек.

Введен принцип централизации ремонтных, технологических и наладочных служб с переносом их на промышленную основу с использованием хозрасчета.

Работа эксплуатационных организаций (УИС) сосредоточена на обеспечении бесперебойной надежной экономичной подачи оросительной и дренажной воды, а ремонт основного оборудования, его модернизация, изготовление оснастки, нестандартного оборудования и запасных частей передается самостоятельным специализированным мощным организациям, работающим на промышленной основе.

В системе ММиВХ УзССР организовано изготовление запасных частей ко всем типам насосных установок, ремонт сложных узлов крупных насосных агрегатов и электродвигателей мощностью до 10 тыс. квт, капитальный ремонт погружных насосов, изготовление технологической оснастки, изготовление специальной электроаппаратуры и др. Все эти работы выполняются центральной базой экспериментального специализированного ремонтного производственного предприятия (ЦБЭСРПП), которая оказывает услуги по ремонту насосно-силового оборудования, изготовила запчасти и узлы на сумму до 5 млн. руб. в год, а в ближайшей перспекти-

Т. А. Колпакова.



ве — до 11—12 млн. руб. Кроме того, на ЦБЭСРПП изготавливаются опытные узлы и конструкции, разрабатываемые СредазВНИИ-гидромашем. ЦБЭСРПП — современное достаточно мощное специализированное предприятие, оснащенное необходимым технологическим оборудованием, имеет цех по изготовлению высококачественного стального (до 2,5 тыс. т в год) и цветного литья. Только благодаря своевременному созданию этого предприятия обеспечены ремонт и модернизация разнообразного насосно-силового оборудования.

Капитальный ремонт насосных станций, модернизацию насосно-силового и гидромеханического оборудования непосредственно на объектах, выполнение испытательных, тарировочных и пусконаладочных работ осуществляют организации республиканского специализированного ремонтно-строительного треста «Водспецремонт». В 1977 г. объем работ, выполненных его организациями по договорам с эксплуатационными, достиг 23 млн. руб.

Намечен переход к строительству оросительных систем в трубопроводах и орошение вновь осваиваемых земель с помощью машинного водоподъема, для этого предусматривается значительное увеличение поставок труб и насосно-силового оборудования. Площади машинного орошения в Узбекистане в перспективе должны быть увеличены примерно в 2 раза, что составит около 2 млн. га. Будет завершено строительство уникальных систем машинного орошения — Каршинской, Аму-Бухарской и Джизакской, орошена площадь более 1,3 млн. га. Наряду с этими массивами с помощью насосных станций будут обеспечены водой более мелкие. Так, в бассейне р. Сырдарьи, по данным Средазгипроводхлопка, должно быть сооружено примерно 100 насосных станций производительностью от 1 до 50 м³/с с общей подачей более 1200 м³/с. В бассейне Амударьи, по тем же данным, намечается довести общую площадь машинного орошения до 1 млн. га. Будет продолжен переброс воды в бассейны маловодных рек.

МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

ЗАСОЛЕНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ — ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОГО МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ

Почвы аридной зоны, сформировавшиеся на лессовых отложениях аллювиального и эолового происхождения, обладают высоким потенциальным плодородием. Сельскохозяйственные культуры на этих почвах обычно вполне обеспечены необходимыми минеральными элементами. Недостаток естественного запаса влаги в корнеобитаемом слое компенсируется орошением. Обилие света и тепла в районах орошаемого земледелия создает благоприятные условия для произрастания самых важных сельскохозяйственных культур, в частности такой технической культуры, как хлопчатник. Но все это теряет ценность из-за накопления в корнеобитаемом слое воднорастворимых солей.

Практика орошения показала, что размеры этого явления могут захватывать сотни тысяч гектаров, нанося огромный ущерб народному хозяйству. Из общего фонда орошаемых земель в СССР 16,5 млн. га (1977 г.) около 5 млн. га в той или иной степени засолены. В УзССР из 3,2 млн. га освоенных земель около 1,1 млн. га поражены засолением (табл. 28), из них 700 тыс. га слабозасоленные, около 250 тыс. га — средnezасоленные, а 160 тыс. га — сильнозасоленные.

Степень засоления определяет потерю урожая на каждом поле. Если при слабом засолении эти потери составляют 10—20% урожая на незасоленных землях, то на сильнозасоленных землях они достигают 70—80%. Подсчитано, что только потери хлопка-сырца вследствие снижения урожая на засоленных землях в хлопководческих районах нашей страны составляют ежегодно до 1—1,5 млн. т.

По данным института «Союзводпроект» из общей площади 7,95 млн. га, намеченных к орошению в республиках Средней Азии, Закавказья и Южном Казахстане, более 75% в разной мере засолено и нуждается в рассолнительной мелиорации.

Освоение и орошение в широких масштабах земельных массивов Голодной, Джизакской и Каршинской степей, Центральной Ферганы и низовьев Амударьи (Хорезмская область и КК АССР) выдвигает на первый план борьбу с засолением и предупреждение явлений вторичного засоления. Успех этих мероприятий обеспечит выполнение планов развития орошаемого земледелия как в Узбекистане, так и в других республиках.

Многовековой опыт орошения земель в Узбекистане позволяет достаточно уверенно оценивать влияние природных особенностей орошаемых оазисов на развитие процессов засоления и определять мелиоративные мероприятия, которые в сочетании с системой агротехнических приемов могут служить надежной защитой от засоления.

В глубокой древности хлопкоробы, трудившиеся на землях Хорезма, Бактрии, Согдианы (см. труды С. Толстова, В. Бартольда, Я. Гулямова и др.), применяли ряд приемов, позволявших успешно справляться с «язвой засоления» орошаемых полей. Им был известен эффект промывных поливов, дренажных канав, удаления верхнего 10—15-сантиметрового засоленного слоя путем срезки. В Южном Хорезме широко использовались глубокие каналы («тортма»), орошение из которых велось с помощью чигирей; во вневегетационный период эти каналы выполняли роль дренажных. На подверженных засолению землях успешно применялось «кочевое» орошение, при котором от 8 до 30% площадей осваивалось в зоне командования оросительных каналов, и то время как остальная территория выполняла функции «сухого дренажа», оттягивая на себя соли.

Специфика почв Западной Ферганы (Кокандская группа районов) заставила местное население прибегнуть к системе мелкого (глубина 1,0—1,2 м) и частого (до 150—200 пог. м/га) открытого дренажа, который в условиях

Таблица 28

Площади орошаемой пашни по степени засоления в областях УзССР, тыс. га (1977 г.)*

Область	Площадь орошаемых земель		Степень засоления		
	общая	засоленная	слабая	средняя	сильная
КК АССР	286,0	153,2	89,8	37,5	25,9
Андижанская	267,6	52,1	31,1	16,0	5,0
Бухарская	265,2	122,3	97,4	24,7	0,2
Джизакская	212,2	37,0	27,0	6,8	3,2
Наманганская	229,3	35,2	13,1	15,2	6,9
Кашкадарьинская	294,5	22,5	14,3	6,5	1,7
Самаркандская	318,7	53,1	44,1	7,2	1,8
Сурхандарьинская	247,6	35,2	23,9	7,2	4,1
Сырдарьинская	233,9	233,9	131,0	55,9	27,0
Ташкентская	344,7	29,8	17,7	8,3	3,8
Ферганская	316,2	155,4	89,5	46,1	19,8
Хорезмская	178,9	118,9	99,3	16,7	2,9
Всего по УзССР	3226,8	1048,6	698,2	248,1	102,3

* По материалам крупномасштабных почвенных съемок Узгипрозема (см. «Эксплуатация оросительных систем УзССР», «Минводхоз УзССР в девятой пятилетке») и отчетов мелiorативной службы ММВХ УзССР.

небольших земельных участков (0,1—0,5 га) очень надежно защищал земли от засоления и обеспечивал их успешную промывку.

В начале XX в. на территории Узбекистана стали применяться новые методы мелiorации засоленных орошаемых земель, аналогичные используемым в других районах орошаемого земледелия Азии и Америки. Были заложены первые опытные участки закрытого дренажа в Голодной степи (Центральная опытно-мелiorативная станция СоюзНИИХИ, участок дренирован по проекту М. М. Бушуева, а затем Н. В. Макридина) и в Ферганской долине (участок станции им. Федченко, дренированный по проекту В. М. Легостаева).

Предпринятые в 1929—30 гг. попытки исследовать эффективность дренажных насосных колодцев типа калифорнийских (под руководством Н. В. Макридина) не дали существенных результатов, так как проводились при необеспеченности энергоснабжением, отсутствии необходимых насосов, двигателей, обсадных труб, надежных фильтров и т. п. Все это не позволило в те годы выяснить эффективность вертикального дренажа. Но именно эти первые опыты определили основные направления научной и практической деятельности, обеспечившие быстрый рост научных знаний и позволившие достичь значительного прогресса в создании технически совершенных дренажных систем.

Следует, однако, подчеркнуть, что в 1940—1955 гг. в мелiorативной науке под руководством В. А. Шаумяна (ВНИИГиМ) активно заявляло о себе «антидренажное» направление, представители которого утверждали, что дренировать орошаемые земли вредно и вся борьба с засолением должна сводиться к мероприятиям по повышению КПД оросительных систем в сочетании с травопольной системой земледелия. Коллектив Средазгипроводхлопка под руководством А. Н. Аскоченского и В. В. Пославского и другие ученые-мелiorаторы Узбекистана (Б. В. Федоров, В. М. Легостаев и др.) активно боролись с этим направлением, отстаивая полезность и необходимость дренажа как элемента мелiorативного комплекса в орошаемых районах с затрудненным оттоком грунтовых вод. С победой этого направления развернулись широкие исследования технически совершенных систем дренажа, дифференцированного выбора их параметров и выявления мелiorативного эффекта.

Если до 50-х годов в планах водохозяйственного строительства УзССР основное внимание уделялось улучшению водообеспеченности некоторых районов и повышению уровня технического состояния магистральной и внутрихозяйственной оросительной сети, то период 1956—1977 гг. характеризуется значительным ростом капиталовложений в объекты сугубо мелiorативного назначения.

В Голодной степи, Ферганской долине, Хорезмском и Бухарском оазисах строятся системы закрытого горизонтального и вертикального дренажей, сеть магистральных коллекторов, коллекторов межхозяйственного назначения, внутрихозяйственных дрен. В 1950—1960 гг. создаются опытно-производственные системы горизонтального дренажа; в Голодной степи, Бухарском оазисе и Ферганской долине опытно-производственные участки вертикального дренажа расширены от 100 до нескольких тысяч гектаров. К концу 1977 г. в Голодной степи построено более 16,0 тыс. км закрытого горизонтального дренажа. Производственная мощность Голодностепенстроя позволяет строить до 1500 км закрытого трубчатого дренажа в год.

Опыт строительства закрытого горизонтального и вертикального дренажей в Голодной степи и вертикального дренажа в Бухарской области используется в других районах республики, где разворачиваются работы по реконструкции открытых дренажных систем и замене их технически совершенными видами дренажа (Ферганская долина, Хорезмский оазис).

За 1955—1979 гг. накоплен большой опыт дренирования орошаемых земель, позволивший существенно углубить принципы проектирования, строительства и эксплуатации этих систем с учетом специфики природного и хозяйственного комплекса орошаемых районов республики.

Площадь дренированных земель возросла с 1309 тыс. га в 1970 г. до 2000 тыс. га в 1979 г. За 10 лет прирост площадей с дренажной сетью составил около 700 тыс. га, причем с системой открытых дрен и коллекторов она увеличилась на 100,0, закрытых — 450,0 (в основном на вновь освоенных землях) и вертикальных — на 150,0 тыс. га. Протяженность коллекторно-дренажной сети увеличилась на 10,3 тыс. км, количество действующих скважин вертикального дренажа — на 624 шт.

Общая площадь земель с закрытыми дренажными системами составила на 1 января 1980 г. 480,0 тыс. га, с системами вертикального дренажа — около 180,0 тыс. га. В этот период были созданы производственные органы (мелиоративная служба в составе облУОС, специализированные строительные организации, предприятия стройиндустрии), а также изданы документы научно-производственного значения (методические указания по проектированию горизонтального и вертикального дренажей, проведению промывных поливов на дренированных землях, инструкции по инженерно-мелиоративному районированию и изучению мелиоративного состояния и др.). Эти документы стали образцами для других районов орошаемого земледелия и легли в основу общесоюзных нормативов по проектированию и эксплуатации коллекторно-дренажных систем, утвержденных МСХ, ММиВХ СССР в период 1970—1975 гг.

Опыт мелиоративного строительства в республике способствовал не только углублению теоретических основ и инженерных решений мелиоративной науки, но и эффективному развитию особых направлений в смежных науках, таких как мелиоративная гидрогеология, мелиоративное почвоведение, положения и рекомендации которых стали основой для мелиоративного проектирования.

ПРАКТИКА И НАУКА

О ПУТЯХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И МЕРАХ БОРЬБЫ С ЗАСОЛЕНИЕМ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Практика мелиорации орошаемых земель четко определила те природные районы и их особенности, в которых создается угроза за-

солонья, — речные дельты, периферийные части конусов, нижние речные террасы, аллювиальные равнины, центральные части межгорных долин. В УзССР к ним относятся районы КК АССР, Хорезмской, Бухарской, Сурхандарьинской, Сырдарьинской, Кашкадарьинской и других областей республики.

Главная природная черта, определяющая развитие вторичного засоления в этих районах орошаемого земледелия, — сильно затрудненный ($K_{\phi} = 0,01—0,001$ м/сут, $I = 0,0002—0,0004$) или практически отсутствующий отток грунтовых вод (неудовлетворительная естественная дренированность), что создает особый режим грунтовых вод, при котором испарение становится основным фактором их расхода и перемещения воднорастворимых солей в верхние почвенные горизонты. Запасы солей в этих слоях непрерывно растут, достигая (в расчете на 1 га) в слое 2—3 м 150—400 т.

В некоторых из названных районов (периферийные части конусов выноса, центральные части межгорных долин и др.) этот процесс усиливается явлениями напорности подземных вод, которые также способствуют миграции солей в толщу верхних слоев.

Орошение, существенно изменяя водный баланс этих районов, форсирует подъем уровня грунтовых вод, вертикальный водообмен и солеперенос.

Потери в каналах и на поливных участках в орошаемых районах составляют до 90—95% всех факторов питания грунтовых вод (М. М. Крылов, Н. Н. Ходжибаев). Работы коллективов ВСЕГИНГЕО, ГИДРОИНГЕО, Узбекского гидрогеологического треста позволили детально осветить роль ирригационного фактора в создании вторичной напорности грунтовых вод, возникающей от действия элементов оросительных систем.

Карты мелко- и среднemasштабного гидрогеолого-мелиоративного районирования оазисов и регионов для проектирования мелиоративных комплексов содержат необходимые генетические и режимные характеристики грунтовых вод. Установлены типы и подтипы режима грунтовых вод, наблюдаемые в орошаемых оазисах, каждому из которых свойственны определенные соотношения между испарением и подземным оттоком, ясно выраженная или отсутствующая напорность грунтовых вод и характерная направленность процесса соленакопления (В. А. Кошда, Д. М. Кац, Н. Н. Ходжибаев и др.).

Мелиоративная интерпретация результатов гидрогеологических исследований позволила определить количественные критерии

для оценки орошаемых районов по условиям естественной дренированности, потребности в искусственном дренаже.

Исследования в области мелиоративной гидрогеологии послужили основой для количественных характеристик приходных и расходных статей грунтовых вод и их взаимодействия с зоной аэрации, позволили оценить роль процесса орошения и элементов оросительной системы в формировании особого (ирригационного) режима грунтовых вод.

Для практики мелиоративного проектирования очень большое значение имеют также исследования и обобщения в области мелиоративного почвоведения, изучающего почвенно-мелиоративные особенности орошаемых оазисов, обобщающего характеристики водно-физических свойств орошаемых почв, особенностей структуры лессовидных почвогрунтов, мобильности почвенной влаги и динамики солевого профиля в условиях орошаемых почв с различными уровнями естественной и искусственной дренированности.

Обобщение результатов почвенно-мелиоративных исследований позволило выделить два основных типа почвообразовательного процесса: **автоморфный** (сероземный), наблюдаемый в районах с глубокими (>5 м) грунтовыми водами и хорошей естественной дренированностью, водный режим почв этого типа не зависит от грунтовых вод, и **гидроморфный** (луговой) в районах с близкими (<2,5 м) грунтовыми водами и плохой естественной дренированностью, водный режим почв определяется вертикальным водообменом грунтовых вод с зоной аэрации. Между этими типами почвообразования наблюдаются промежуточные подтипы. Главные отличительные особенности названных типов с точки зрения мелиоративного состояния орошаемых земель — процессы соленакопления, связанные с интенсивностью испарения грунтовых вод разной минерализации.

Исследования динамики засоления орошаемых земель позволили отказаться в мелиоративном проектировании от мнения о том, что для устойчиво благоприятного мелиоративного состояния требуется создать дренаж, обеспечивающий ту или иную «норму осушения», количественные характеристики которой связывали с капиллярными свойствами почвогрунтов и минерализацией грунтовых вод, т. е. считали, что

$$Z = f(h_k, \lambda_{г.в.})$$

где Z — норма осушения, м,

h_k — высота капиллярного поднятия в почвогрунте, м,

$\lambda_{г.в.}$ — содержание воднорастворимых солей в грунтовых водах, г/л.

Так как при этом требовалась большая глубина первичных дрен — более 3,5 м, а такие глубины дрен по условиям возможных водопримеников нельзя было обеспечить, то следовал вывод, что любая система горизонтального дренажа не может обеспечить коренной ликвидации засоления, которое и на дренированных землях будет влиять на снижение урожайности. В то же время опыт орошения даже в условиях дельтовых районов, на фоне несовершенной системы открытого дренажа с ограниченной глубиной первичных дрен ($h_{др} = 1,25 - 1,5$ м) и необеспеченным водопримеником, но в сочетании с определенным (промытым) режимом орошения дал основания к пересмотру концепции мелиоративного проектирования, основанной на понятиях «норма осушения» или «критическая глубина грунтовых вод».

Практика мелиорации убедительно показывала, что обе эти характеристики, которым хотели придать характер неких констант в мелиоративном проектировании, не могут быть ими, так как зависят от таких природных и хозяйственных факторов, как климат, тип почвы, сельскохозяйственная культура, режим орошения, содержание и качественный состав солей в почвогрунтах и грунтовые воды.

Основными факторами при проектировании мелиоративных мероприятий, направленных на предупреждение и борьбу с засолением, следует считать режим влажности почвы (по слоям), фазу развития сельскохозяйственных культур и допустимую концентрацию почвенного раствора ($\lambda_{доп} = 100 - \frac{S}{3}$). Глубина грунтовых вод должна рассматриваться как один из показателей водного и солевого режимов, не однозначно определяющий мелиоративные требования.

Установлено, что коренная мелиорация орошаемых земель обеспечивается сочетанием взаимодействующих оросительных и дренажных устройств и созданием на их базе сероземного, сероземно-лугового или лугового мелиоративных режимов.

Выбор оптимального варианта мелиоративного режима для конкретного объекта определяет технический уровень систем орошения и дренажа.

Так как мелиоративный процесс, в результате которого проявятся черты, свойственные выбранному оптимальному мелиоративному режиму, развивается во времени, то методами технико-экономического анализа могут быть определены сроки (1—5 лет) переходного

го мелиоративного периода для достижения высоких и устойчивых мелиоративных показателей. Поддержание их в течение неограниченного времени определит работу мелиоративных систем в так называемый эксплуатационный период.

Можно отметить, что, сохраняя за водой роль мелиоранта засоленных земель, практика и наука сформулировали и обосновали для целей мелиоративного проектирования положение о промывном режиме орошения, оптимальных сроках и нормах промывных поливов, наиболее эффективной технике и технологии промывных поливов в условиях крупных механизированных хозяйств и, опираясь на положения физико-химической гидродинамики, создали математическую модель промывки засоленных дренированных земель. Разработана методика определения значений требуемого дренажного стока (D_T , м³/га) в отдельные периоды года $D_T = f(t)$.

Опыт эксплуатации и исследования работы дренажных систем в условиях мелиоративного комплекса, регулирующие элементы которого (дрены) функционируют при определенных условиях питания грунтовых вод в толще водоносного слоя, характеризующегося значениями $K_ф$ и D , с учетом или без влияния напорности подземных вод, ограничивающей роль водоупора и т. п., позволил получить зависимости, отражающие физико-химическую оценку рассоляющего действия дренажа. Используя эти зависимости, можно определить размеры дренажного стока, который обеспечивает действующая дренажная система. Дренаж принятой глубины (h_d) с удельной протяженностью l_d пог. м на га обеспечит $D_T = D_{факт.}$, к чему и следует стремиться при проектировании. Дренажный сток составит определенную часть водоподачи.

Таким образом, практика и наука подтвердили, что для достижения оптимального и устойчивого мелиоративного состояния некоторой территории необходимо мелиоративное проектирование строить на принципах комплексности гидромелиоративных систем оросительного и дренажного направлений. Взаимодействие этих систем закрепит положительные и устранит отрицательные черты тех почвообразовательных процессов, которые свойственны разным районам аридной зоны. Обеспечивая регулирование водного и солевого режимов почвогрунтов, гидромелиоративные системы в общем мелиоративном комплексе играют главную роль в достижении высокого уровня плодородия орошаемых земель.

ИДЕИ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МЕТОДИКУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЯ

В результате накопления и обобщения данных о динамике мелиоративного состояния орошаемых земель практика мелиорации орошаемых земель, подверженных засолению, и мелиоративная наука обосновали ряд положений, на основе которых должно строиться проектирование дифференцированной системы мелиоративных мероприятий.

Районы аридной зоны в зависимости от особенностей климата и геоморфологических структур характеризуются следующим:

недостаточной водообеспеченностью сельскохозяйственных культур природной влагой, испаряемостью, во много раз превышающей размеры осадков,

широко распространенными явлениями первичного и вторичного засоления почвогрунтов и грунтовых вод,

гидрогеологической взаимосвязью геоморфологических структур и соответственно определенными размерами вертикального и горизонтального водообмена.

Перемещение солей в толще четвертичных отложений, в частности в почвенном слое, связано главным образом с перемещением солевых растворов, следовательно, процесс соленакопления в почвенном слое определяется общим водным балансом и водным балансом зоны аэрации.

Состояние естественной водообеспеченности и размеры ее искусственного повышения в этих районах должны оцениваться с учетом потребностей регулирования процессов засоления почвогрунтов и грунтовых вод.

Факторы, определяющие развитие процесса соленакопления в почвенном слое,— степень аридности климата, геологические и геоморфологические особенности района, отсутствие (или ограниченные размеры) естественной дренированности, баланс грунтовых вод (с учетом влияния мелиоративных систем), геохимическая подвижность солей.

В районах аридной зоны, имеющих почвы грунтового увлажнения, размеры и химизм солесодержания в почвенном слое, подстилающих грунтах и грунтовых водах определяются эвапотранспирацией. Если климатические, топографические и геоморфологические условия можно считать важными, то решающие факторы, определяющие современное соленакопление, образование и развитие засоленных почв,— гидрогеологическое их состояние, глубина залегания грунтовых вод, их минерализация в условиях оттока.

Геохимические особенности почв автоморфного ряда зависят главным образом от растительного покрова, соотношения осадков и испарения, свойственных району их распространения.

В районах аридной зоны тенденция к засолению почв наблюдается в условиях как недостаточного, так и избыточного количества воды, поэтому проект орошения должен предусматривать оптимальный режим подачи воды, избегая и недостатка, и избытка воды. Режим подачи воды, оценка недостаточности и избыточности воды в некоторых районах определяются уровнем естественной и искусственной дренированности.

Главная мелиоративная задача орошения и дренажа — обеспечение оптимального и устойчивого водно-солевого режима почвогрунтов территории подкомандной оросительной системы.

Основная техническая проблема орошения и дренажа — определение количества воды, необходимого для полной водообеспеченности растений и регулирования концентрации солей в корнеобитаемом слое, а также количества дренажных вод, отводимых с орошаемой территории в целях создания оптимального мелиоративного режима.

В связи с изложенным возникает научная проблема комплексного инженерно-мелиоративного районирования, основанного на водном и солевом балансах мелиорируемой территории, в формировании которых решающая роль принадлежит взаимодействующим оросительным и дренажным устройствам.

Поскольку в основе количественных характеристик мелиоративного состояния орошаемой территории лежит метод водного и солевого балансов, можно утверждать, что они являются лишь количественным выражением сложных физико-химических процессов, отражаемых водным и солевым режимами почвогрунтов и грунтовых вод, без анализа которых расчеты не дают достаточных оснований для мелиоративной оценки и прогноза.

Оценка и прогноз мелиоративных изменений территории должны сочетать балансовые расчеты с результатами изучения водного и солевого режимов соответственно по площади и разрезам исследуемого района.

Необходимость дренажных мероприятий, установление их типов и параметров должны основываться на прогнозе водного и солевого режимов орошаемых и прилегающих к орошаемым массивам и водохранилищам земель. Прогнозные балансовые расчеты должны стать доказательствами отсутствия (или наличия) угрозы засоления и подтопления зе-

мель. Прогнозные водный и солевой балансы должны быть рассмотрены и для средних условий, и для расчетной водообеспеченности.

Таким образом, мелиоративная наука, опираясь на производственный опыт мелиорации засоленных земель в орошаемых районах, освободилась от устаревших представлений и понятий, заменила их динамическими характеристиками, соответствующими специфике мелиоративного процесса. Понятие «комплекс мелиоративных мероприятий» выражает сочетание взаимодействующих оросительных и дренажных устройств, обеспечивающих проектный мелиоративный режим, а «мелиоративное районирование» понимается как детальное физико-географическое районирование в целях обоснования мелиоративного комплекса, который определяется хозяйственно-экономическими условиями. Использование новых идей в практике мелиоративного проектирования потребовало создания таких таксономических схем, которые позволяют иметь количественные характеристики факторов, определяющих общие и частные различия в мелиоративной обстановке и прогноз ее изменения.

ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА МЕЛИОРАТИВНЫХ РЕЖИМОВ

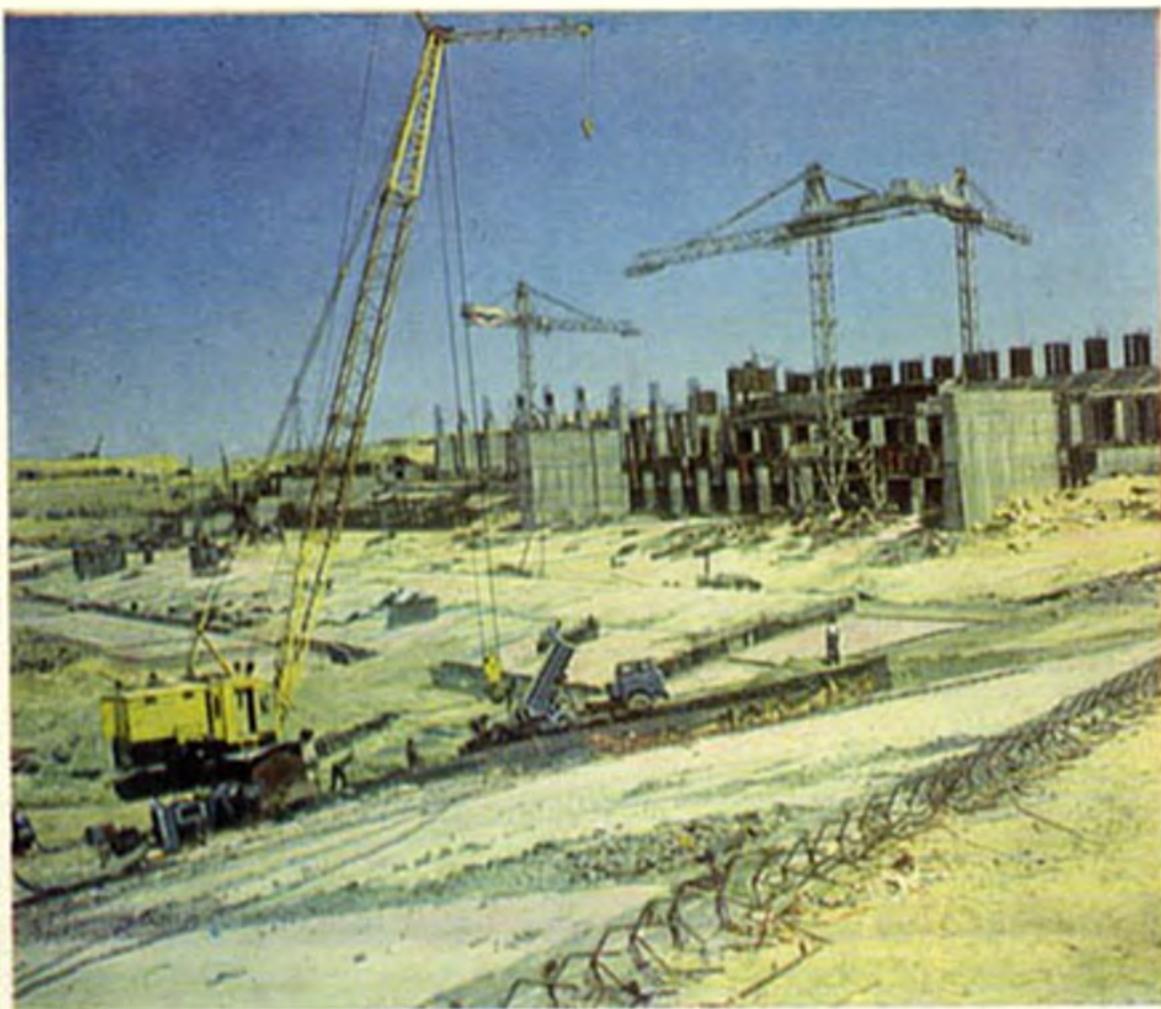
Инженерно-мелиоративное районирование должно строиться на научно-теоретической основе, обеспечивающей обоснованное выделение таксономических единиц, что требует дифференцированного решения инженерных проблем (технический уровень оросительной системы, техника полива, режим орошения, тип и интенсивность дренажа). Такой таксономической единицей является инженерно-мелиоративный район; его деление основывается на дифференцированном использовании элементов агрокомплекса.

Система мелиоративного районирования обеспечивает комплексное и дифференцированное использование мелиоративных мероприятий для конкретных условий района. Степень детализации мелиоративного комплекса определяется задачами районирования. Когда районирование производится для государственного планирования средств на мелиоративное строительство (осуществление комплексов), его можно ограничить выделением крупных регионов (областей), принципиально отличных по составу мелиоративных систем и сооружений.

Следующие стадии мелиоративного проектирования потребуют углубления районирования с целью уточнения основных парамет-



Общий вид строительства Тюменского гидроузла на р. Амударье



Строительство Тюмюкского гидроузла на р. Амударье.





Озерно-уровнительный коллектор. Хорезм.

КК АССР. Коллектор пограничный





Ташкентское головное сооружение на р. Амударья Хорезм.



Головное сооружение Тюмюнского подпитывающего канала. На заднем плане канал от Тюмюнской плотины.



Перегораживающее сооружение на Тюймукском подпитывающем канале. Хорезм.

Тюймукский подпитывающий канал в глубокой выемке. Хорезм



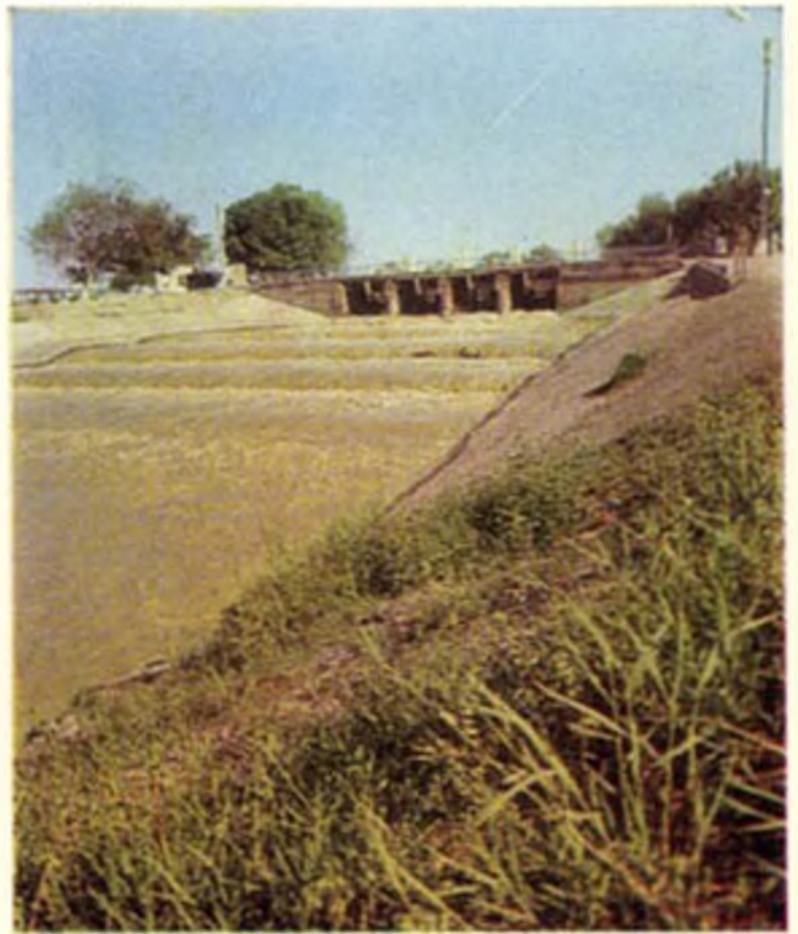


Ташсакинский канал. Хорезм.

Варакзанский вододелитель на канале Палван. Хорезм.



Узел на 34-м километре. Ташсакинский головной регулятор канала Шават.

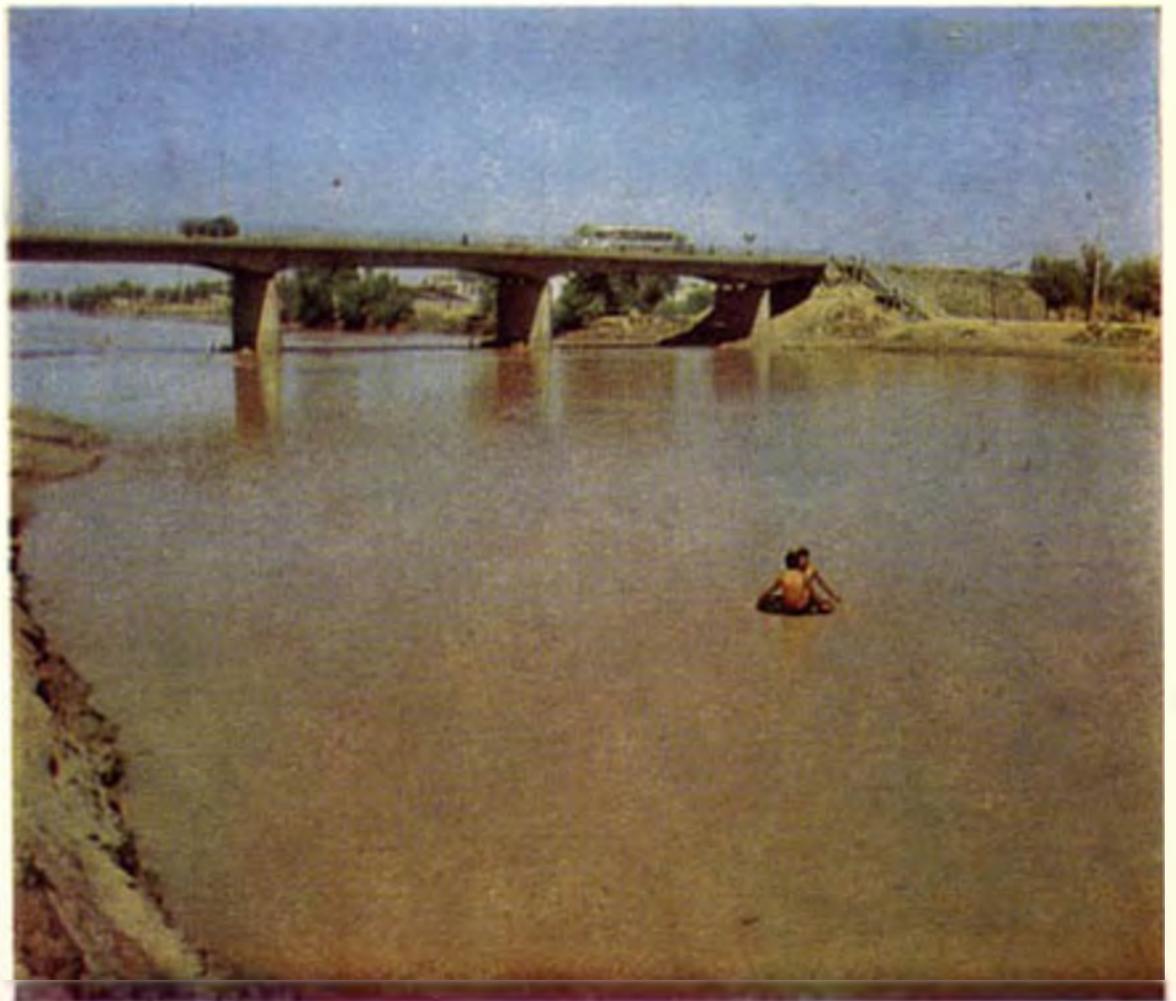


Палван-Газаватская ветка.
Хорезм.



Расширение Ташсакинского
канала для пропуска расхо-
да $400 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Канал Киргиз-яб. Ургенч.



Ургенч. Канал Шавлат

Канал Қлычбай Хорезм.



Канал Ургенчарил. Хорезм.



Рисовый совхоз Альлорезми. Хорезм, Халкинский район





Ташкентский гидроузел на р. Амударье.



Ташкентский гидроузел на р. Амударье.

Главное сооружение двухкамерного отстойника на Левобережном канале.



Вододелитель на Левобережном канале в Советях и канал им. Ленина.





Канал Кызкеткен ККАССР

Вододелитель на канале Кызкеткен в Кегейли — Стахановарна—Куваныш-Джарма ККАССР





Нукусский государственный университет.

Нукус Дом правительства.



Нукус Музыкально-драматический театр. Памятник Бердаху.





Министерство водного хозяйства Узбекистана, Ташкент.

Актовый зал Ташкентского института ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ).

Лиджанский гидромелиоративный техникум. Занятия в лаборатории телемеханики.





Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им В. Д. Журина

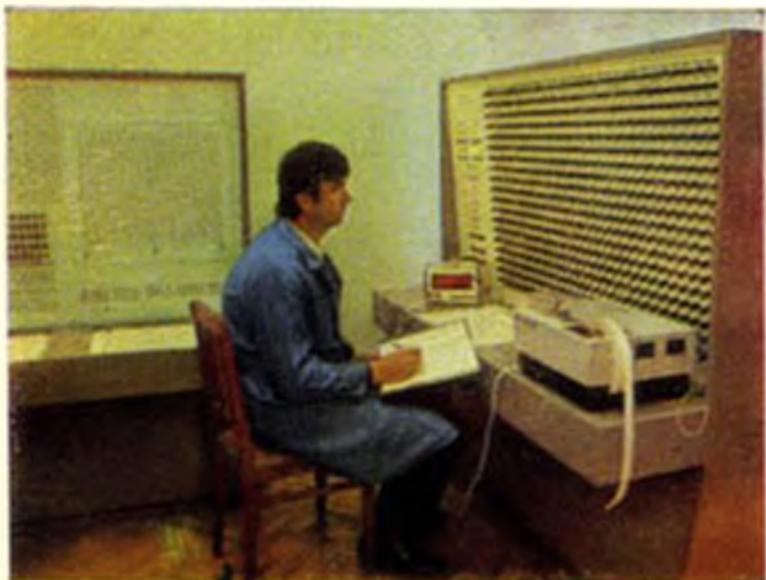


Русловая площадка.



Автоматический анализатор ААА—881.

Электронинтегратор АП 600



Электронинтегратор БУСЭ—70.



ров этих систем (для выделенных инженерно-мелиоративных районов). Наконец, на основании внутрихозяйственного районирования уточняются режимы орошения сельскохозяйственных культур, элементы техники полива, агротехнические мероприятия с учетом особенностей рельефа, почв, гидрогеологических условий, что требует выделения еще более мелких единиц районирования — мелиоративных участков.

Рассмотрим факторы районирования, определяющие потребность в искусственном орошении и дренаже, выбор способа орошения, тип дренажа и их параметры, особенности вегетационного режима орошения, промывные поливы и их режим.

Геоморфологическая структура может пониматься как инженерно-мелиоративная область и представлять собой наиболее крупную таксономическую единицу инженерно-мелиоративного районирования. Ее характеризует комплекс условий, определяющий естественную дренажность и мелиоративные проблемы района орошения.

Все орошаемые оазисы Узбекистана можно разделить на 8 геоморфологических структур.

Первая — горные равнины, хорошо дренированные руслами рек, включая верхние речные террасы с хорошей естественной дренажностью; эти районы вполне обеспечены подземным стоком.

Вторая — предгорные равнины, хорошо и удовлетворительно дренированные, обеспечены подземным стоком; уклоны поверхности этих районов создают хорошие условия и для поверхностного оттока.

Третья — средние речные террасы; их природные условия обеспечивают, как правило, достаточный поверхностный и подземный отток.

Четвертая — аллювиально-пролювиальные конусы выноса (верхние и средние части), делювиально-пролювиальные равнины; поверхностный и подземный отток достаточен.

Пятая — периферические части конусов выноса, где поверхностный и подземный сток сильно затруднены.

Шестая — аллювиальные равнины, замкнутые котловины, не имеющие естественного оттока грунтовых вод.

Седьмая — нижние речные террасы, вторично дренированные речные конусы, где сток поверхностных и подземных вод неудовлетворителен.

Восьмая — дельты рек, где сток поверхностных и подземных вод практически отсутствует.

Для примера приведем схему первой геоморфологической структуры, опишем ее природные особенности, мелиоративные проблемы, а также свойственные ей мелиоративные комплексы (табл. 29).

Первая, вторая, третья и частично четвертая геоморфологические структуры относятся к разряду автоморфных с хорошей естественной дренажностью. При всех возможных КЗИ районы орошения в границах этих структур относятся к инженерно-мелиоративным областям, не требующим мероприятий по искусственному дренажу. На мелиоративных картах территории, отвечающие этим геоморфологическим структурам, характеризуются как области, не требующие инженерных мелиораций.

Четвертая (частично), пятая, шестая, седьмая и восьмая геоморфологические структуры относятся к гидроморфным, естественно недренажным или недостаточно дренированным. В условиях существующего или перспективного орошения они требуют мероприятий по устройству искусственного дренажа. Эти территории представляют собой инженерно-мелиоративные области, районлируемые по типам и мощности дренажа.

Основаниями для районирования инженерно-мелиоративных областей и выделения инженерно-мелиоративных районов являются гидрогеологические особенности орошаемых районов, которыми определяется потребность в искусственном дренаже. Эти особенности классифицируются (по Д. М. Кацу) пятью типами естественной дренажностью.

Первый — интенсивно-дренированные районы. Это предгорные равнины с резко выраженным расчлененным рельефом, верхние аллювиальные террасы, высоко поднятые по отношению к современному речному руслу, верхние галечниковые части конусов выноса. Грунтовые воды залегают глубоко (5—10 м), они пресные, в почвообразовательном процессе не участвуют. Подземный сток для галечниковых грунтов составляет 5000—10000 м³/га в год, для суглинистых грунтов аллювиальных равнин — 2000—4000.

Второй — дренированные районы. Это средние и нижние аллювиальные террасы, развитые в межгорных впадинах и предгорных прогибах, средние части конусов выноса рек, сложенные галечниковыми и гравелистыми грунтами в подстилающих мелкоземных слоях. Грунтовые воды — преимущественно пресные, до орошения залегают на глубинах 5—7 м, при орошении значительных массивов могут быть причиной заболачивания части площади. Подземный отток составляет

Характеристика первой геоморфологической структуры

Схема геоморфологической структуры	Природные особенности и их характеристика	Структура водного и солевого баланса	Мезоклиматические показатели и мезоклиматический режим	Мезоклиматическая проблема и мезоклиматический комплекс
<p>1-а. Горные равнины</p> <p>1. Плато, $t=0,001-0,005$</p> <p>2. Горные долины, $t=0,005-0,01$</p> <p>1-б. Верхние речные террасы с высокой естественной дренированностью, условия рельефа $t=0,005-0,01$</p>	<p>Мезорельеф сильно выражен</p> <p>Степень канализации высокая</p> <p>Коэф. стока поверхностных вод $\alpha=0,6-0,8$</p> <p>Литологический разрез тип 1-а $K_1=2-8$ м сут тип 2-а $K_2=2-8$ м сут, $K_2=20-50$ м сут</p> <p>Солевой профиль S_c</p> <p>Режим уровня грунтовых вод, компенсированный оттоком</p> <p>$H_{min}=10-20$ м</p> <p>$\alpha=0,5-1,0$ м</p> <p>$\Pi=5000-10000$ м³ га/год</p> <p>Сероземный тип почвообразования</p> <p>Солевой профиль $S_{III}, S_{IV}, S_V, S_{VI}$</p> <p>Режим грунтовых вод 1-а; II-а; III-б.</p> <p>$H_{min}=1,0-3,0$ м</p> <p>$\alpha=1,0-3,0$</p> <p>$\Pi < 600-1000$ м³ га/год</p> <p>Лугово-солончаковый тип</p>	<p>Водный баланс корнеобитаемого (активного) слоя:</p> $A+O=\Sigma u+\Phi$ <p>Солевой баланс активного слоя</p> $\lambda_p O = \lambda_u \Sigma U + \lambda_\phi \Phi + \Delta S$ <p>Пологая $\lambda_u \Sigma U = 0, \Delta S = 0,$</p> <p>имеем</p> $\lambda_p O = \frac{\lambda_p}{\lambda_\phi} \cdot 0$ $\Phi_{min} = \frac{\lambda_p}{\lambda_\phi} \cdot 0$ $0 = \left(\frac{\lambda_p}{\lambda_p - \lambda_\phi} \right) \Sigma U$ <p>Баланс грунтовых вод</p> $\Pi'_c + \Phi_{грунт} - D_{грунт} + \Delta W'_c$ $D'_c - D_c = \Delta D$	<p>Устойчиво хорошие</p> <p>Сероземный тип, агропротехникой</p>	$\Phi_{факт} > \Phi_{min}$ $\Phi_{факт} - \Phi_{min} \approx 0$ $\tau_c \rightarrow \tau_{грач}$ $S_p \rightarrow 0$ $\Delta I_\phi - \Delta I_s$ <p>Сохранение облгороженного агропротехникой сероземного мезоклиматического режима</p> <p>Сокращение всех видов потерь воды, прежде всего эксплуатационных (из оросительных систем)</p>

2000—3500 м³/га. Засоление почвенного слоя возможно лишь труднорастворимыми солями (гипс), при этом образуются труднопроницаемые прослойки грунта (шош, арзым). При щелочных водах наблюдается содовое засоление.

Третий — слабодренированные районы. Это нижние аллювиальные террасы, верхние части субаральных дельт. Сложены тонкообломочными породами (мощность слоя 5—10 м), подстилаются галечниками и песчано-галечниковыми грунтами. Подземный отток — в пределах 1500—3000 м³/га в год, минерализация грунтовых вод 5—10 г/л. До орошения уровень грунтовых вод находится на глубинах, при которых они практически не при-

нимают участия в почвообразовании, после орошения уровень сильно поднимается, развивается вторичное засоление сульфатного типа.

Четвертый — очень слабодренированные районы. Это широкие аллювиальные террасы, водораздельные, нерасчлененные аллювиально-пролювиальные равнины, периферические части конусов выноса, межконусные понижения. Эти территории представлены песчаными и песчано-глинистыми грунтами. Грунтовые воды среднеминерализованные, до орошения районов залегают на разных глубинах, после орошения резко поднимаются, сохраняя минерализацию и вызывая сульфатно-хлоридное и хлоридно-сульфатное засоле-

ние активного слоя. Подземный отток составляет 500—1500 м³/га в год.

Пятый — бессточные районы. Это приморские дельты и низменности, замкнутые понижения и другие районы с нерасчлененным низменным рельефом — районы тонкозернистых отложений на мелкозернистых песках, песчано-глинистых породах или коренных отложениях. Подземный сток — менее 500 м³/га в год. Минерализация грунтовых вод высокая и очень высокая. С началом орошения грунтовые воды активно участвуют в почвообразовательном процессе, вызывая интенсивное засоление почв. Тип засоления сульфатно-хлоридный.

В третьем и пятом гидрогеологических районах широко развиты напорные подземные воды. Это выражается в превышении пьезометрическим уровнем горизонта грунтовых вод и свидетельствует об интенсивном вертикальном водообмене. Каналы оросительной системы в этих районах создают области искусственно напорных вод с отчетливо выраженными зонами влияния линейных и площадных источников фильтрации. Количественные критерии гидрогеолого-мелиоративных показателей названных районов приведены в табл. 30.

Типы и подтипы режима грунтовых вод в орошаемых оазисах Узбекистана, каждому из которых свойственны определенные соотношения между испарением и подземным оттоком, явно выраженная или отсутствующая напорность грунтовых вод и характерная направленность процесса соленакопления для целей инженерно-мелиоративного районирования классифицированы В. А. Ковдой:

Тип	Подтип	Вероятное направление процессов соленакопления
Установившийся, компенсированный (первичный, вторичный)	Компенсированный подземным оттоком	Рассоление; вторичное засоление не угрожает
	Компенсированный подземным оттоком и транспирацией	Рассоление; возможное накопление в грунтах CaCO ₃ , CaSO ₄ . Вторичное засоление возможно в редких случаях
	Компенсированный транспирацией и испарением	Слабое засоление с накоплением CaSO ₄ , Na ₂ S ₂ O ₄ . При низком агротехнике возможно сильное засоление с накоплением Na ₂ SO ₄ , NaCl, MgSO ₄ .
	Компенсированный испарением	Прогрессивное засоление с максимальным накоплением NaCl, MgCl ₂ , MgSO ₄ , Na ₂ SO ₄ .
Неустановившийся,	Декомпенсированный уве-	При достижении грунтовыми водами критич-

отрицательно декомпенсированный

Неустановившийся отрицательно декомпенсированный

лишением питания

Декомпенсированный уменьшением оттока

Декомпенсированный уменьшением питания

Декомпенсированный увеличением оттока

ческой глубины начальной интенсивного и быстро протекающего засоления

При глубинах грунтовых вод в пределах критической и меньше — уменьшающееся засоление; при глубинах грунтовых вод больше критической — рассоление

Рассоление, нарастающее по мере снижения уресса грунтовых вод

Для каждого литологического разреза является специфика условий вертикального и горизонтального водообмена, определяется выбор типа дренажа.

Литологические разрезы классифицируются так:

Тип	Подтип
Первый — однородный грунт в слое большой мощности (20—40 м). Почвенный слой — серозем лавного и нового орошения	а — грунты хорошей водопроницаемости, легкого механического состава (супеси, средние суглинки; $\rho = 50-55\%$, $d = 1,25-1,35$, $K_p > 3-5$ м/с)
	б — грунты средней водопроницаемости, среднего механического состава (средние суглинки; $\rho = 44-48\%$, $d = 1,35-1,40$; $K_p = 1-3$ м/с)
	в — грунты плохой водопроницаемости, тяжелого механического состава (тяжелые суглинки, глины; $\rho = 34-41\%$, $d = 1,40-1,50$, $K_p < 1,0$ м/с)
Второй — однородный грунт ограниченной мощности (20—30 м), подстилаемый грунтом резко отличной водопроницаемости	а — подстилающий грунт высокой водопроницаемости ($K_p > K_{\phi 1}$)
	б — подстилающий грунт низкой водопроницаемости, относительный водупор ($K_{\phi} < K_{\phi 1}$)
Третий — слоистый грунт (четко выраженное слагаемое различной водопроницаемости)	а — прослойки к осевшему грунту с резко сниженной подпроницаемостью (гипс, ших, шох, глина и др.), относительный водупор
	б — прослойки с резко выраженной водопроницаемостью (песок, гравий и др.), дренажные жилы ($K_{\phi} > K_{\phi 1}$)

Применительно к задачам районирования территории по условиям потребности во временном дренаже и промывках в дополнение

Количественные критерии гидрогеолого-мелиоративных показателей

Современная и перспективная мелиоративная оценка района	Потребность в дренаже	Естественная дренажеспособность территории, мм/га в год	Напорность подземных вод и связь с ней паводков, мерзл. слоев, грунтовых вод, мм/га в год	Среднее значение коэффициента фильтрации активных слоев почвогрунтов, Кф, м/сут.	Уровень грунтовых вод в период из минимального стока, м	Минерализация грунтовых вод, г/л
Устойчиво хорошее мелиоративное состояние	Дренаж не требуется	Интенсивная — П (в галечниках > 5000; П — в суглинках равнин с расчлененным рельефом > 2 мм)	Отсутствует	> 2—3	Устойчив, сохраняется на больших глубинах > 5—10 (при орошении)	2,0
Хорошее мелиоративное состояние со слабой тенденцией к ухудшению в условиях неумеренного орошения	Дренаж не требуется. Меры по сокращению потерь на глубинную фильтрацию	Достаточная П — 3000—5000	То же	0,5—1,0	> 5 м до орошения с постепенным уменьшением на орошаемых массах	2,0—3,0
Неустойчиво удовлетворительное	Требуется дренаж небольшой удельной протяженности (до 15 пог. м/га). Система мер по повышению КПЭ оросительной сети	Слабая П — 1500—3000	Отсутствует или слабо выражена	0,1—0,3	5 м до орошения с интенсивным подъемом (1—3 м) на орошаемых и смежных массах	Слабая 3,0—7,0
Неудовлетворительное мелиоративное состояние	Обязателен дренаж удельной протяженностью 15—30 пог. м/га	Очень слабая П — 500—1500	Отчетливо П — до 1000	0,05—0,2	Обычно неглубокий — до орошения 2—3, в случае глубокого залегания до орошения 5,0, крайне быстрый подъем до 1,0—1,5 в первый период орошения	7,0—20,0
Крайне неудовлетворительное	Комбинация дренажных систем высокой удельной протяженности, основа освоения. Сочетание постоянных и временных дренажей	Практически бессточный район П — 500—1500	Высокая П — до 3000	0,01—0,2	Неглубокий до орошения (1,5—2,5 м) и очень близкий на орошаемых землях 0,5—1,5	20,0

† обозначает направление подземного притока.

к дренажу постоянного типа устанавливается пятибалльная шкала водопроницаемости почвогрунтов самых верхних слоев, характеризующаяся показателями табл. 31.

Для установления количественных характеристик водопроницаемости часто недостаточно полевых исследований. При проектировании мелиоративных мероприятий районирование по водопроницаемости производится также по косвенным признакам — механическому составу почвенного слоя и подстилающих грунтов (в экспликациях ко всем почвенным картам).

Распределение первичных запасов солей и их состав в верхней толще (20 м) четвертичных отложений обуславливают правильный выбор мелиоративного режима (сероземный, сероземно-луговой, луговой) и техники дренирования, обеспечивающих рассоление грунтовых вод и почв. Этот фактор районирования изучается на основании материалов почвенно-мелиоративных исследований и выражается в типе солевого профиля и запасах солей для слоев 0—1, 0—3, 0—5 м и т. д. через каждые 5 м по всей толще активной зоны солеобмена (до 20 м). В орошаемых рай-

Таблица 31

Качественные показатели и балльные оценки водопроницаемых грунтов

Балл	Водопроницаемость почвогрунтов	Слой воды, впитывающейся за первый час, см	$K_f = \frac{K_s}{t^2}$		$K_f = K_{уст.} \left(1 + \frac{t}{t^2}\right)$		
			K_f , и час	"	$K_{уст}$, и час	"	"
1	Сильная	> 15	> 0.1	0.4	< 0.01	> 0.5	< 0.5
2	Повышенная	12—15	0.1	0.4	0.01	1.5	0.5
3	Средняя	7—12	0.075	0.5	0.0175	2.0	0.667
			0.050	0.65	0.0025	2—3	0.75
4	Пониженная	5—7	0.05	0.65	0.0025	3	0.75
			0.03	0.75	0.001	1.5	0.85
5	Слабая	< 5	< 0.003	0.75	< 0.001	> 1.5	< 0.85

онах выделены следующие типы солевых профилей:

незасоленный от поверхности на всю зону активного солеобмена,

незасоленный в пределах ограниченной мощности слоя (1,0—1,5 м от поверхности) с резким увеличением запасов солей в подстилающих слоях большой мощности — скрытосолончаковые почвы,

сильнозасоленный в самых верхних почвенных горизонтах (0,1—0,5 м от поверхности) с резким уменьшением запасов солей в остальной толще активного солеобмена,

сильнозасоленный в верхних горизонтах разреза (0,5—2,0 м от поверхности) со значительным количеством солей в остальной толще,

равномерно сильнозасоленный во всех слоях разреза,

сильнозасоленный в верхних горизонтах до 2 м с еще более высоким содержанием солей в подстилающих слоях.

Категории земель по сложности освоения и составу мелноративных мероприятий соответственно засолению почвогрунтов и запасам солей в верхнем почвогрунтовом (до 3 м) слое в толще активного солеобмена (до 20 м) описаны в табл. 32.

Типы макро- и мезорельефа, которые применительно к инженерно-мелноративным районам существенно влияют на выбор способа орошения, техники полива и вида дренажной системы, могут быть следующими: слабовыраженным плоским, сильнорасчлененным незамкнутыми понижениями, террасовым, резковыраженным чашевидным.

Ирригационно-хозяйственные условия, которые определяют в районах орошения развитие и направленность мелноративных мероприятий, сводятся к оценке следующих факторов: а) интенсивности освоения территории (существующие и перспективные, согласно народнохозяйственным планам, значения КЗИ в районе), б) КПД существующей

Таблица 32

Характеристика орошаемых земель по категории сложности освоения

Категория земель	Количество токсичных солей в слое		Минерализация грунтовых вод, г/л
	0—3 м	0—20 м	
Устойчиво благоприятные (не требуют специальных мероприятий)	< 150	до 1250	< 2.0
Благоприятные (требуют профилактических мероприятий)	150—175	1250—1500	2.0—3.0
Неустойчиво благоприятные (требуют специальных мероприятий)	200—350	1600—2000	3.0—5.0
Неблагоприятные (требуют комплекса специальных мероприятий)	350—500	2000—3000	5.0—10.0
Крайне неблагоприятные (требуют комплекса специальных мероприятий в большом объеме)	500—600	3000—4000	> 10

Примечание. Для различных геохимических зон запасы солей, отвечающих определенным категориям земель, по сложности освоения могут быть изменены.

Таблица 33

Основания к выбору оптимального мелиоративного режима и основные характеристики инженерно-мелиоративного комплекса в природных районах

Геоморфологическая структура	Современная и прогнозируемая мелиоративная оценка инженерно-мелиоратив. р-нов и потребности в дренаже	Естественная дренажность территории, м ³ /га год	Основные мелиоративные показатели и их характеристики (напорность подземных вод, K_{ϕ} ср., м/сут; λ - минерализация грунтовых вод)	Оптимальный мелиоративный режим	Размеры оптимальной возоподачи, м ³ /га (для хлопчатника)	Суммарное испарение, м ³ /га	Размеры дренажного стока, % от возоподачи
Горные равнины	Устойчиво хорошее мелиоративное состояние	Интенсивная или достаточная $\Pi > 5000$	Отсутствует K_{ϕ} ср. $> 2-3$	Сероземный	7000-9000	5000-8000	0
Подгорные	Хорошее с слабо выраженной тенденцией к ухудшению в условиях умеренного орошения	$\Pi = 3000-5000$	$K_{\phi} = 0,5-1,0$ $h_{г.в.} > 5-10$ м с постепенным уменьшением $\lambda < 2-3$ г/л				
Верхняя и средняя части конуса выноса Аллювиальные равнины	Дренаж не требуется Неустойчиво неудовлетворительное с переходом в неудовлетворительное	Слабая или очень слабая $\Pi = 1500-3000$ $\Pi = 500-1500$	Отсутствует или слабо выражена Π до 1000 $K_{\phi} = 0,1-0,3$ $h_{г.в.} = 2-3$ м и менее $\lambda = 3-10,0$	Лугово-сероземный $\Sigma U \approx 0$	10000-12000	7000-9000	20-30
Средние речные террасы	Необходим дренаж $t_{др} = 15-40$ пог. м/га						
Нижние речные террасы	Неудовлетворительные и крайне неудовлетворительные	Очень слабая и практически отсутствующая $\Pi < 500$	Высокая Π до 3000 $K_{\phi} = 0,01-0,2$ $h_{г.в.} = 1,5-2,5$ $\lambda = 5,0-20,0$	Сероземно-луговой	12000-14000	8000-10000	25-30
Периферические части конусов	Обязателен дренаж $t_{др} = 30-60$ пог. м/га			Луговой	14000-18000	10000-12000	40-50 (35-50)

орошительной системы и принятой техники полива и в) состоянии коллекторно-дренажной сети и ее эффективности).

Характеристику ирригационно-хозяйственных условий, учитываемую при инженерно-мелиоративном районировании, можно выразить в мелиоративных и технико-экономических показателях дренажа и в соответствии с требованиями оптимального мелиоративного режима определить на районированной территории целесообразность развития существующего (открытого) горизонтального дренажа, эффективность дополнения существующей

КДС закрытым горизонтальным дренажом, вертикальным дренажом и временной дренажной сетью или потребность в коренной реконструкции существующей КДС.

Таким образом, рассмотренные факторы районирования, учитываемые методикой инженерно-мелиоративного районирования орошаемых территорий в пределах выделенных геоморфологических структур, дают основания к выбору оптимального мелиоративного режима (табл. 33).

Производя технико-экономические расчеты, для каждого инженерно-мелиоративного

района находят оптимальное решение проблем орошения и дренирования, исключаящее отрицательное их влияние на соседние орошаемые районы.

Для выделенных инженерно-мелиоративных районов прогнозными балансовыми расчетами оценивают параметры искусственного орошения, необходимость промывки и рациональный промывной режим (вегетационного и невегетационного периодов), параметры и режим искусственного дренирования, рациональные размеры повышения КПД системы и ее элементов.

Результаты расчетов определяют количественные параметры мелиоративных режимов для выделенных инженерно-мелиоративных районов.

ЭТАПЫ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Инженерно-мелиоративное районирование — обязательный этап в составлении мелиоративного проекта, хотя в практике проектирования оно еще не получило законченной методики. В каждом крупном проекте присутствует та или иная система районирования согласно естественнo-историческим условиям данного объекта, которая используется для обоснования состава и параметров мелиоративных мероприятий. В то же время мелиоративная наука практически создала обоснованную методику и принципы такого районирования. Территория районруется не только по существующим признакам, но и на основании прогноза изменения показателей мелиоративного состояния земель.

Технические документы, характеризующие на основе грунтово-мелиоративных показателей современное состояние орошаемых земель, необходимы, но недостаточны для проектирования мелиоративного комплекса. Например, карты глубин залегания уровня грунтовых вод должны быть дополнены прогнозом изменения уровня грунтовых вод на всей территории предполагаемого орошения. Нужны расчеты изменения минерализации грунтовых вод, возможной глубины опреснения почвы, динамики подземного водообмена в проектных условиях орошения.

Точность инженерно-мелиоративного районирования зависит от точности прогноза изменения режима грунтовых вод, водного и солевого режима почвы. Для мелиоративного проектирования нужны исходные данные, без которых нет оснований для инженерно-мелиоративного районирования, но районирование невозможно и без прогноза измене-

ний мелиоративного состояния территории, опирающегося на те же исходные данные. Поэтому целесообразно разделить инженерно-мелиоративное районирование на два этапа: районирование по признакам и районирование по прогнозу изменения мелиоративных показателей. К первому этапу относится систематизация сведений о мелиоративном состоянии земель, намеченных к освоению, ко второму — прогнозы и районирование по признаку целесообразности мелиоративных мероприятий. Второй этап по содержанию, срокам и технике выполнения неразрывно связан с составлением мелиоративного проекта. Инженерно-мелиоративное районирование, опережающее проект, всегда схематично и составляется преимущественно по аналогам.

Одновременно с расчетами действия дренажа составляются прогнозы режима грунтовых вод и уточняется инженерно-мелиоративное районирование. Ошибки проектирования влекут за собой и ошибки в районировании мелиоративных мероприятий. Лишь после окончания мелиоративного строительства путем тщательного сопоставления проектных предположений с действительной их эффективностью ошибки районирования могут быть обнаружены и устранены.

Таким образом, ко второму этапу инженерно-мелиоративного районирования следует отнести схематический вариант проекта, в котором указывается состав культур, режим и техника орошения, тип и интенсивность дренажа. По мере уточнения исследований и детализации расчетов действия проектируемых сооружений уточняется и инженерно-мелиоративное районирование. Главным различием между районированием и проектированием инженерных мелиоративных мероприятий является то, что в схемах районирования не задаются детали конструкций, тогда как рабочие чертежи сооружений — конечная цель проектирования.

Принятый в проектных институтах республики порядок проектирования дренажа можно разделить на три стадии: мелиоративное районирование, проектирование дрен на типовых участках мелиорируемой территории (участки детального проектирования), проверка расчетов и уточнение проекта. Уже в процессе расчета начинают выявляться ошибки, допущенные в исходных данных к проекту.

Прогнозом действия дренажа на участках детального проектирования проверяется правильность назначенного при районировании соотношения испарения и дренажа, инфильтрационного и напорного питания дрен, уточ-

няется внутреннее перераспределение воды. Исправление ошибок продолжается и в период строительства.

Завершающий этап проверки расчетов — полевые наблюдения при освоении мелиоративно подготовленных земель. Проверяется точность исходных данных и правильность принятой схемы расчетов. Исследования с возрастающей детализацией ведутся во всех стадиях проектирования и дают новые сведения о размерах внешнего притока, строении почвогрунтов, содержании солей в почве и в грунтовых водах. Выявляется необходимость проверки целесообразности применения различных типов и конструкций дренажа.

ВОДНЫЙ И СОЛЕВОЙ БАЛАНС — ОСНОВА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗА ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ (МЕТОДИКА РАСЧЕТА)

Методика анализа водного баланса хорошо разработана и проверена практикой мелиоративных исследований и проектирования мелиоративных мероприятий. В то же время методика изучения солевого баланса почвогрунтов еще находится в стадии разработки, особенно касающаяся количественного анализа.

Из большого числа уравнений водного баланса, предложенных мелиораторами и гидрогеологами, наиболее полно отвечают целям проектирования мелиоративных мероприятий балансовые уравнения академика С. Ф. Аверьянова, помещенные в различных учебниках и справочниках (рис. 56).

Анализ водного баланса, каким бы точным он ни был, недостаточен для обоснования проектируемых мелиоративных мероприятий, ставящих целью рассоление почвогрунтов в орошаемых районах. Необходим прогноз солевого баланса. Известны попытки перехода от водного баланса к солевому путем умножения количества воды, составляющего ту или иную статью водного баланса, на соответствующую минерализацию, при этом, однако, не учитывается диффузионное перемещение солей и переход их из твердой фазы в жидкую. С учетом диффузионного перемещения изменение солесодержания в слое почвы составит

$$C = C_в \pm C_{дф}, \quad (1)$$

где $C_в$ — разность притока и оттока солей с водой, подсчитанная по уравнениям водного баланса с учетом минерализации воды,

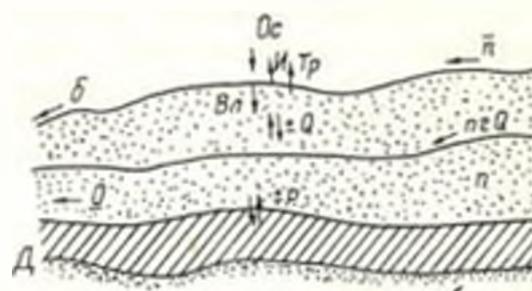


Рис. 56. Схема составляющих водного баланса (по С. Ф. Аверьянову):

O_c — осадки, $И$ — испарение части осадков, не влияющих на почву (с поверхности снега, луж), $Вл$ — инфильтрация в почву, Tr — транспирация и испарение из почвы, $Г$ — подземный приток и отток, $Г_v$ — вертикальный водообмен между почвой и поверхностными водами (плюс — поступление грунтовых вод в почву, минус — наоборот), $Р$ — вертикальный водообмен грунтовых вод с более глубоко залегающими подземными водами (плюс — питание грунтовых вод снизу, минус — их поглощение), $ПГQ$ — поверхность грунтовых вод.

$C_{дф}$ — диффузионное перемещение солей.

Переход солей из твердой фазы в жидкую и обратно ($C_{кр}$) не меняет общих запасов солей, но величину $C_{кр}$ нужно учитывать при расчете изменения запасов солей в жидкой фазе ($\Delta C_ж$), поэтому

$$\Delta C_ж = C_в \pm C_{дф} \pm C_{кр}, \quad (2)$$

Главная трудность подсчета величины $C_в$ — в определении расчетной минерализации для статей водного баланса. Содержание солей в почвенной влаге и верхних горизонтах грунтовых вод постоянно меняется. Съёмки показали большую пестроту содержания солей в отдельных точках одной почвенной разности. Трудно составить карты для точного определения средней расчетной минерализации в определенные периоды.

При линейном движении солей и воды для решения задачи динамики солесодержания принимают уравнение, описывающее процесс конвективной диффузии и растворения солей в почвенной толще:

$$\frac{Dn}{Dt} = D^* \frac{dn}{dx} - V \frac{dn}{dx} + \beta (n_m - n), \quad (3)$$

где n — концентрация почвенного раствора, г/л,

t — время, сутки;

D^* — коэффициент конвективной (фильтрационной) диффузии, м²/сут,

x — расстояния, м,

$V = \frac{V_0}{m}$ — фактическая скорость движения воды в порах грунта,

m — порозность,

n_m — предельная концентрация насыщения.

β — коэффициент обмена $\left(\frac{1}{\text{сутки}} \right)$.

Таблица 34

Таксономические единицы схемы инженерно-мелиоративного районирования (основания для их выделения, отношение к природным комплексам, районизирующие факторы, содержание и степень детализации мелиоративного комплекса)

Таксономическая единица схемы мелиоративного районирования	Состав необходимых материалов для ее выделения	Отношение к природным комплексам	Районизирующие факторы	Содержание и степень детализации мелиоративного комплекса
Мелиоративная область	<p>Климатические характеристики района по материалам метеостанции</p> <p>Топографо-геоморфологические карты М 1 : 200 000—1 : 500 000</p> <p>Материалы геофизических, инженерно-геологических, гидрогеологических съемок в указанных масштабах</p> <p>Гидрогеологическая характеристика района</p> <p>Данные по водоподаче, дренажному стоку и минерализации оросительной, дренажной и грунтовой воды</p> <p>Основные типы почв и характер их засоления</p> <p>Аналоги для получения параметров и количественных значений статей региональных балансов</p>	Соответствует геоморфологическим структурам высшего порядка (8 типов)	<p>Специфическая структура общего водного и солевого балансов района</p> <p>Характерные типы режима грунтовых вод и солевых профилей почвогрунтов в пределах зоны активного солеобмена (10—25 м)</p> <p>Размеры и наличие напорности грунтовых вод</p> <p>Характер взаимосвязи с соседними районами по условиям поверхностного и подземного притока и оттока</p> <p>Общая направленность мелиоративного комплекса</p>	<p>Обоснования (технико-экономические) оптимального мелиоративного режима</p> <p>Принципиальные обоснования и ориентировочные параметры основных мероприятий мелиоративного комплекса (проектная оросительная норма, размеры капитальных и профилактических промывных норм, КПД оросительной системы, тип дренажа, размеры дренажного модуля)</p>
Мелиоративный район	<p>Топографо-геоморфологические карты М 1 : 50000—1 : 25000</p> <p>Дифференцированные значения климатических характеристик</p> <p>Материалы гидрогеологической съемки М 1 : 50000—1 : 25000 и данные режимных наблюдений</p> <p>Водно-физические и химические характеристики основных почв</p> <p>Характер и размеры сельскохозяйственного освоения</p> <p>Результаты изучения статей баланса на опытно-балансовых участках</p> <p>Зоны влияния магистральных каналов и коллекторов, их характеристика</p>	Соответствует интразональным геоморфологическим структурам, возникшим в результате прошлой и настоящей деятельности местной гидрографической сети (в том числе магистральных каналов и коллекторов), резко выраженные литолого-геологические особенности, зоны влияния магистральных каналов мелиоративных систем, в совокупности создающие резко выраженные отличия в условиях подземного оттока и испарения грунтовых вод	<p>Специфическая структура баланса грунтовых вод и солевого режима почвогрунтов и грунтовых вод</p> <p>Характерные особенности в размерах подземного оттока, испарения и накопления солей в почвенном слое, выраженные в количественных характеристиках</p> <p>Интразональные взаимосвязи с соседними районами определенной области по условиям поверхностного и подземного оттока</p>	<p>Особенности оптимального мелиоративного режима, выраженные в количественных характеристиках (допустимые нормы осушения, допустимое содержание водно-растворимых солей и т. п.)</p> <p>Районирование на основе балансовых исследований и расчетов значений основных параметров (оросительная и промывная нормы, потребный дренажный модуль, удельная протяженность дрен и коллекторов, конструктивные параметры)</p>
Мелиоративный подрайон	<p>Топографо-геологические карты М 1 : 25000—1 : 10000</p> <p>Материалы гидрогеологической съемки М 1 : 25000—1 : 10000</p> <p>Водно-физические и химические характеристики основных почв</p> <p>Характер и размеры сельскохозяйственного освоения</p>	Соответствует определенным почвенным комплексам, которые в сочетании с особенностями режима грунтовых вод создают отчетливо выраженные различия в типах засоления и определяют характер водного и солевого режимов почвогрунтов	<p>Выявление типа почв с их водно-физическими и химическими особенностями</p> <p>Сезонные особенности режима грунтовых вод</p> <p>Характер солевого профиля</p> <p>Хозяйственная особенность территории</p>	<p>Дальнейшее дифференцирование значений и параметров оптимального мелиоративного режима и проектируемого состава мелиоративных мероприятий</p>

Таксономическая единица схемы мелиоративного состояния	Состав необходимых материалов для ее выделения	Отношения к природным комплексам	Районирующие факторы	Содержание и степень детализация мелиоративного комплекса
Мелиоративный подрайон	Результаты изучения статей водного и солевого балансов на опорно-балансовых участках Зоны влияния магистральных каналов и коллекторов, их характеристики Явления вторичной напорности грунтовых вод и их площадное распространение		Характер мезорельефа	
Мелиоративный участок	Почвенно-мелиоративная карта М 1:25000—1:10000 Результаты наблюдений за режимом грунтовых и солевых съемок Солевые профили и водно-физические характеристики почвогрунтов зоны аэрации Характер сельскохозяйственного освоения и внутрихозяйственная организация	Соответствует определенным почвенным разностям и микробалансовым участкам, образуемым совокупностью почвенно-гидрогеологических условий и влиянии на них элементов внутрихозяйственных систем	Специфическая структура водного и солевого балансов зоны аэрации Характерные особенности мелиоративных показателей (особенности химического состава почвенных разностей, основные параметры режима грунтовых вод и их влияние на лозный и солевой режим активного слоя, урожайность полей) Структура и водно-физические свойства активного слоя почвы Наличие водоупорных и дренирующих прослоек и слоев	Гидромодульный район свойственный ему режим орошения Техника полива КПД внутрихозяйственной сети Дренажный модуль Удельная протяженность дрен и зона влияния дренажных колодезь Виды и параметры агромелиорации

Кроме математических трудностей, расчеты по уравнению (3) ограничиваются сложностью учета отклонений от линейного закона движения солей и воды, а также сильной пестротой концентрации почвенного раствора и коэффициента диффузии. Решения даже наиболее простого уравнения движения солей, учитывающего диффузию, связано с необходимостью полевых определений величины коэффициента конвективной диффузии. Однако возможность использования водного и солевого балансов ЭВМ в целях слежения за мелиоративными процессами и для прогнозных расчетов заставляет искать более сложные математические модели, точнее описывающие процесс.

При анализе водного и солевого баланса обязательна проверка расчетов полевыми наблюдениями.

СХЕМА ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНОГО РАЙОНИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ — НАУЧНАЯ ОСНОВА ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Схема инженерно-мелиоративного районирования должна содержать следующее (табл. 34):

количественные оценки особенностей мелиоративного состояния района и его частей (результаты расчетов или непосредственных определений статей баланса и их взаимовлияние в приходной и расходной частях балансовых уравнений, количественные характеристики мелиоративных показателей).

теоретико-экспериментальные обоснования оптимального мелиоративного режима, который обеспечивается мелиоративным комплексом.

элементы мелиоративного комплекса, совокупным влиянием которых достигается направленное изменение обстановки в целях обеспечения оптимального мелиоративного режима в ограниченные сроки переходного (мелиоративного) периода.

Элементы мелиоративного комплекса определяются следующими показателями:

особенности орошения (способ орошения, гидромодульный район, оросительные и поливные нормы, элементы техники полива),

особенности дренажа (тип дренажа, глубина дрен и междренные расстояния, дренажный модуль).

агротехнические мелиорации (планировка и ее параметры, режим промывных поливов, состав агротехнических мероприятий).

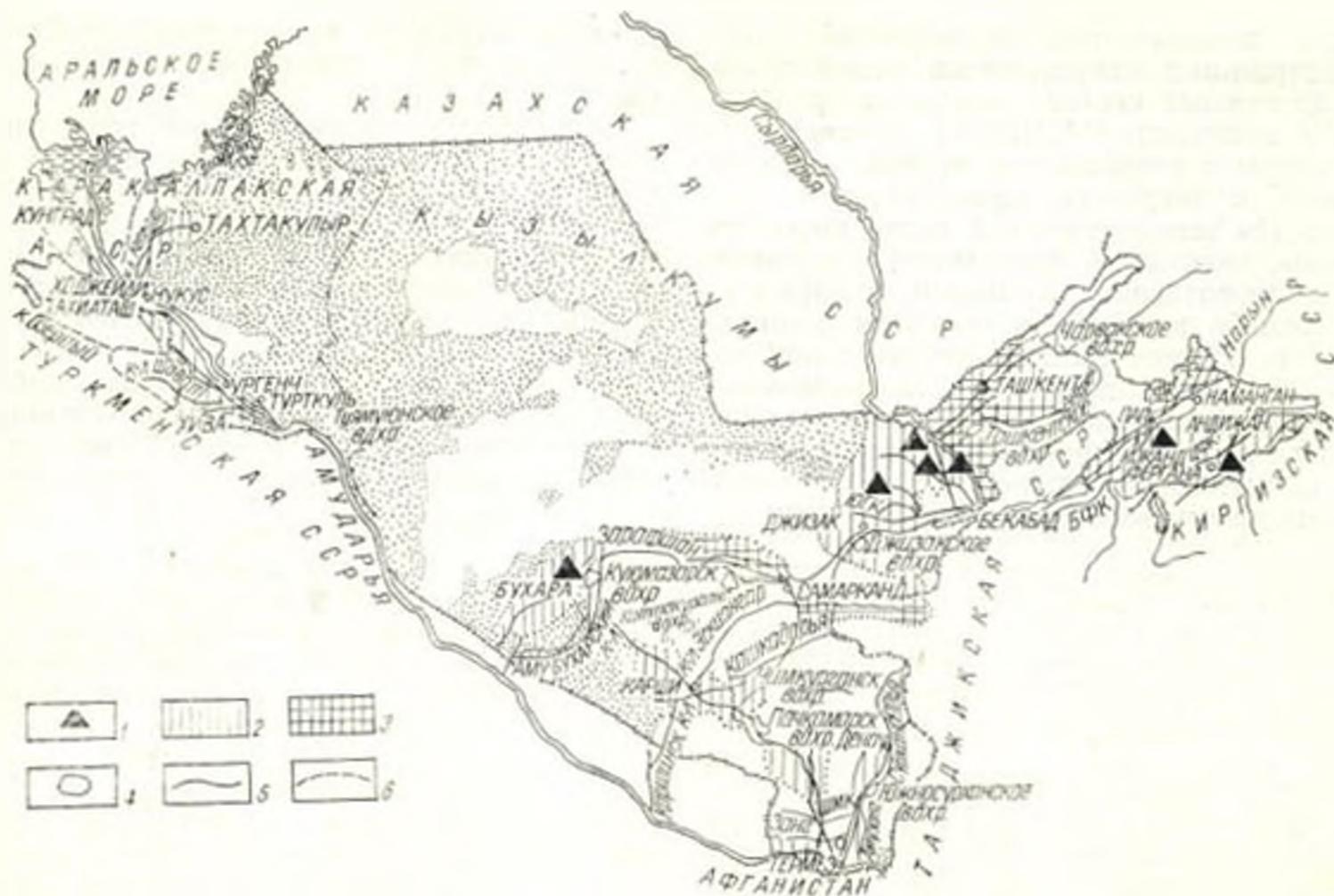


Рис. 57 Схематическая ирригационная карта Узбекской ССР:

1 — опытно-производственные участки вертикального дренажа, 2 — оазисы, подверженные засолению, 3 — на подверженные засолению, 4 — подохранилища, 5 — каналы, 6 — коллекторы.

эксплуатационно-гидротехнические мероприятия (борьба с затоплением и заболачиванием, борьба с эрозией, повышение КПД систем).

ПРОГРЕСС В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ В ОРОШАЕМЫХ РАЙОНАХ УЗССР

Техническое проектирование коллекторно-дренажных систем в республике основывается на материалах комплексных схем мелноративных мероприятий, составленных для административных областей или крупных массивов (Каришская степь, Голодная степь, Центральная Фергана, низовья р. Амударьи).

Мелноративное районирование, являющееся основной частью этих схем, определяет необходимую интенсивность дренирования выделенных районов, эффективный тип дренажа в составе оросительно-дренажного комплекса и дает основания для наиболее экономичного технического решения, которое учитывает прогноз мелноративной обстановки. Техническое проектирование дренажа строится на прогнозе динамики грунтовых вод,

прогнозе солевого режима почвогрунтов зоны аэрации и технико-экономических расчетах для определения параметров дренажа. Практическая возможность осуществления всех известных видов горизонтального и вертикального дренажей позволяет проектировщикам обосновывать проектные решения из таких видов дренажа, которые наиболее полно соответствуют особенностям природных и хозяйственных условий объектов мелиорации.

Рост энерговооруженности орошаемых районов, большие достижения в технологии механизированного строительства разных видов дренажа, заводы стройиндустрии как база для изготовления труб, фильтровых каркасов, насосов позволяют осуществлять наиболее прогрессивные виды дренажа. Темпы строительства технически совершенных систем дренажа непрерывно растут, расширяется и поиск новых видов дренажа с надежными фильтрами, свободных от деформации дренажной линии. Разработана полностью механизированная технология строительства закрытых горизонтальных и вертикальных систем дренажа.

Обширный материал изысканий, специ-

альные исследования, накопленный опыт проектирования, строительства и эксплуатации дренажных систем в разных районах УзССР позволили САИИРИ составить общие схемы перспективного внедрения вертикального и закрытого горизонтального дренажей. По таксономической схеме выделены массивы, которые не нуждаются в дальнейшем мелиоративном улучшении, и определены площади, на которых требуется развитие дренажа. В итоге выданы рекомендации оптимальных типов дренажа и их возможных сочетаний (временного с постоянным, горизонтального с вертикальным, горизонтального открытого с закрытым и т. п.) с технико-экономическими показателями, обеспечи-

вающими коренную мелиорацию засоленной и заболоченной территории республики (рис. 57).

Результаты проработок позволяют определить объемы необходимых мероприятий на перспективу по строительству технически совершенных систем дренажа на мелиоративно неблагоприятных землях республики. Площадь, нуждающаяся в искусственном дренировании, определена в размере 4,516 млн. га, в том числе вертикальный дренаж эффективен на площади 1,672 млн. га. Общая протяженность закрытого горизонтального дренажа в перспективе составит около 70 тыс. км, а число дренажных насосных колодцев — около 5—5,5 тыс. штук.

РАЗВИТИЕ РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

Получение высоких урожаев хлопчатника и других сельскохозяйственных культур, выполнение государственных планов заготовок сельхозпродуктов неразрывно связаны с необходимостью наиболее полного использования земель и водных ресурсов, в первую очередь с улучшением качества орошаемых земель.

Как показал многолетний научный и производственный опыт, дренаж в сочетании с промывками и комплексом агромелиоративных мероприятий — надежное средство достижения устойчивой мелиорации засоленных земель.

Однако крупное ирригационное строительство периода 1939—1941 гг., направленное на повышение водобеспеченности, мелиоративными работами не сопровождалось. К 1941 г. по республике имелось лишь 8,6 тыс. км неглубоких локальных коллекторов, из них Ферганской области принадлежало 5,6 тыс. км, а в ряде областей — Кашкардарьинской, Сурхандарьинской и Каракалпакской АССР — коллекторно-дренажная сеть отсутствовала. Удельная протяженность ее по республике составляла всего 3,3 м/га.

Редкая коллекторная сеть не обеспечивала отвода и снижения уровня грунтовых вод. В указанных условиях грунтовые воды в основном расходовались на испарение и транспирацию растениями, что сопровождалось интенсивным выносом солей в верхние слои почвы и приводило к вторичному засолению орошаемых земель.

Работы по мелиорации земель в Узбекской ССР развернулись с 1946—1947 гг., когда в республику стали поступать землеройные машины. При общей стоимости капитальных вложений на водохозяйственное строительство за 1946—1953 гг. 83,6 млн. руб. стоимость мелиоративных работ составила 28,2 млн. руб., или 31%. Наиболее крупные мелиоративные работы велись в Ферганской,

Хорезмской областях и в Голодной степи. За этот период были построены такие коллекторы, как Северо-Багдадский, Сох-Исфаринский, Язъяванский, Файзнабадский, Кызылтюбинский в Ферганской области, первая очередь Дарьялыкского коллектора в Хорезмской области, Северо-Бухарский в Бухарской области и др.

Протяженность коллекторно-дренажной сети в 1953 г. составила 16,4 тыс. км, т. е. увеличилась по сравнению с 1939 г. почти в два раза. В результате появилась возможность расширить площади орошаемых земель, создать условия для повышения урожайности хлопчатника и других сельскохозяйственных культур. В пределах поливной зоны почти полностью ликвидирована заболоченность, которая, по данным Министерства здравоохранения УзССР, в 1946 г. занимала площадь 148 тыс. га. Осушение болот позволило почти полностью ликвидировать заболевание малярией.

В 1953—1960 гг. из общего объема капитальных вложений на водохозяйственное строительство, равного 1648 млн. руб., на мелиорацию было израсходовано 126,1 млн. руб., или всего 8%. В этот период были построены или реконструированы Уртуклинский в Ташкентской области, первая очередь Баяутского и Центрально-Голодностелского в Голодной степи, Кургантепинского и Алтыарыкского сброса в Ферганской области, Ангорского, Бешкутанского в Сурхандарьинской области, первая очередь Денгизкульского сброса, Параллельного коллектора и коллекторов юго-западной части Каракульского оазиса в Бухарской области, Шават-Андреевского, Озерного, Ягибазарского и Пионерского в Хорезмской области, коллекторов К-3, К-4, К-5 в КК АССР. Протяженность коллекторно-дренажной сети по республике на 1960 г. составила 27,8 тыс. км, удельная протяженность ее возросла до 10,6 м/га.

Таблица 35

Наиболее крупные коллекторы-сбросы, построенные в Узбекистане после 1936 г.

Коллектор	Год ввода в эксплуатацию	Протяженность, тыс. га	Протяженность, км	Масштабы протяженности, м/у	Местонахождение коллектора (область)
Шуручакский	1921	68,4	86	23	Сырдарьинская
Центрально-Голодноствольский	1968	33,5	81	90	Сырдарьинская
Восточный Главный пойменный	1960		50 70	40 17	
Ачикульский	1970		83	166	Ферганская и Андижанская
Северо-Багдадский	1947	70	72	70	Ферганская
Сари-Джуга	1945		52	50	Ферганская и Андижанская
Сох-Исфаринский	1940	21	36	40	Ферганская
Средний Кызылтегинский	1952		27	40	
Западно-Изъясванский		13	19	20	
Западно-Ромитанский	1966	21	67	27	Бухарская
Северо-Бухарский (II очередь)	1967		45	25	
Денгизкульский	1966		71	22	
Параллельный	1967	37	55	18	
Главный Каракульский	1967	18	49	11	
Железнодорожный	1970		23	65	
Агитминский сброс (I очередь)	—		20	100	
Озерный Уравнительный	1961	53	146	45	Хорезмская
Газават-Дауданский	—		88	20	
Диванкульский	1953	17	33	40	
Уртуклы	1930		36	15	Ташкентская
Коллектор КС-3	1965		96	5	Каракалпакская АССР

В последующие годы коллекторная сеть получила дальнейшее развитие (табл. 35). Построены новые крупные магистральные коллекторы: Восточный, Главный пойменный, Северный, Кызылкумский, Арнасайский, Западный и Железнодорожный в Сырдарьинской области, система Ачикульского коллектора в Ферганской области, Западно-Ромитанский, Денгизкульский, Северо-Бухарский

(II очередь), Параллельный, Главный Каракульский и Агитминский сброс в Бухарской области, Газават-Дауданский, Диванкульский, Дауткульский и Джурмызкульский в Хорезмской области.

После майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС в Узбекистане резко возросли темпы и масштабы мелнорации земель с применением технически совершенной коллекторно-дренажной сети закрытого типа. Если к 1966 г. в республике было построено 39,6 тыс. км коллекторно-дренажной сети (из них 15,2 тыс. км межхозяйственной, 23,9 внутрихозяйственной открытой и всего 470 км горизонтальной закрытой), то к 1978 г. протяженность ее доведена до 84,4 тыс. км (из них 20,9 межхозяйственной, 44,0 внутрихозяйственной открытой и 19,5 закрытой). Удельная протяженность коллекторно-дренажной сети на 1 га орошаемой площади увеличилась с 13,8 м в 1965 г. до 18,2 м в 1970 и до 27,5 м в 1977 г. (табл. 36).

Значительно увеличилась протяженность коллекторно-дренажной сети в мелноративно-неблагополучных Сырдарьинской, Бухарской, Хорезмской областях и КК АССР.

Развитие коллекторно-дренажной сети обеспечило широкое освоение внутриозисных пустынь и целинных земель, высококачественную промывку орошаемых земель, что обусловило стабильно высокую урожайность сельскохозяйственных культур, особенно в Ферганской, Андижанской и Хорезмской областях.

Однако общая и удельная протяженность не всегда характеризует мелноративное состояние земель. Так, в Самаркандской области, имеющей хорошую естественную дренированность и пресные грунтовые воды, не требуется такой густой сети дренажа, как в Сырдарьинской или Хорезмской.

Следует отметить также, что в ряде областей, например Ферганской и Сырдарьинской, где все более широкое применение находит наиболее прогрессивный вертикальный дренаж, проводится реконструкция и отмечено снижение протяженности внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети. Это вызвано тем, что в зоне действия скважин вертикального дренажа часть внутрихозяйственной сети прекращает свои функции.

Дренажный сток составляет значительную величину. В 1970, 1973 и 1977 гг. коллекторно-дренажной сетью было отведено на 8—13% воды больше, чем в 1969 г. (табл. 37). Часть его сбрасывается в реки, что ухудшает качественный состав воды, часть бесполезно расходуется на испарение в озерах и песках.

Таблица 36

Общая и удельная протяженность межхозяйственной и коммунально-хозяйственной коллекторно-дренажной сети

Область	Год																	
	1961		1967		1967		1969		1969		1970		1973		1973		1977	
	тыс. км	м/га																
Ташкентская	0,6	1,9	1,0	3,1	3,1	10,7	4,5	14,2	4,1	13,8	5,4	16,8	6,1	17,8	6,1	17,8	6,2	18,1
Сырдарьинская**	—	—	—	—	2,0	5,8	3,0	8,6	5,9	17,1	11,4	41,0	18,2	51,8	11,1	52,1	10,7	51,8
Ферганская*	5,6	18,9	5,6	18,9	5,6	18,9	7,0	23,6	8,4	27,4	8,4	29,3	10,5	35,4	11,3	38,0	12,3	38,4
Анджнанская*	0,9	2,1	1,2	2,7	4,6	11,0	4,8	11,0	7,9	13,1	5,3	20,6	5,9	22,8	5,9	22,8	6,1	22,9
Наманганская	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,1	15,0	3,2	15,0	3,2	15,0	3,7	15,9
Джизакская	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,4	49,8	11,9	50,2
Самаркандская	0,4	1,3	0,8	2,7	1,5	5,0	1,8	6,0	1,9	6,3	2,3	7,9	2,6	7,8	2,6	7,8	2,7	7,8
Бухарская	0,4	1,7	1,0	4,4	1,6	7,0	1,9	8,3	2,2	9,6	3,2	13,3	3,6	14,8	4,0	16,0	4,3	16,2
Кашкадарьинская	—	—	0,1	0,4	0,2	1,3	0,3	1,9	0,7	4,5	1,1	6,6	1,4	9,5	3,9	16,9	5,3	23,1
Сурхандарьинская	—	—	0,2	1,1	0,5	2,8	1,2	6,7	1,5	8,3	4,0	20,3	4,9	22,8	5,6	26,0	5,9	26,4
Хорезмская	0,6	4,0	0,5	3,4	2,8	18,8	2,9	19,5	3,2	21,6	4,6	30,0	5,2	32,4	5,7	34,0	6,1	34,3
КК АССР	0,1	0,4	—	0,2	0,3	1,4	0,4	1,9	1,1	5,2	3,6	17,5	4,5	19,0	5,5	22,1	9,1	27,3
По республике	8,6	3,3	10,4	4,0	22,5	7,6	27,8	10,6	37,2	13,8	55,4	18,2	66,6	23,1	76,3	25,6	84,1	27,5

* Изменения вызваны образованием Наманганской области.

** Изменения вызваны образованием Джизакской области.

Следует указать также, что значительную долю в дренажном стоке составляют сбросные воды. В среднем по республике дренажный сток составляет 30—40% водоподачи.

В связи с нарастающим дефицитом оросительной воды следует серьезно подойти к решению проблемы повторного использова-

ния дренажных вод, так как значительная часть сбрасываемой воды по качественному составу в смеси с поверхностной пригодна для орошения. По результатам приближенного солевого баланса, вынос солей коллекторно-дренажной сетью значительно преобладает над поступлением их с оросительной водой и составляет по плотному остатку в Сурхандарьинской области 782 тыс. т, в Ферганской 1894, Бухарской 1203 и Хорезмской 4445 тыс. т (табл. 38). Исключение составляет КК АССР, где в 1970 и 1977 гг. наблюдалось их поступление — 1500 и 370 тыс. т вследствие недостаточной дренированности территории.

Коллекторно-дренажная сеть в основном открытого типа, поэтому и требуется периодическая очистка ее от заиления, оплывания и зарастания. Затраты на эксплуатацию оросительных и мелкоративных систем за счет средств госбюджета ежегодно возрастают. Так, если в 1966 г. на эти цели было ассигновано 38,7 млн руб., то в 1975 г. — 60 млн руб., или в 1,5 раза больше.

Уровень механизации очистки коллекторно-дренажной сети близок к 100%. Межхозяйственная коллекторно-дренажная сеть ежегодно очищается в пределах одной трети ее протяженности. Объем выполненных земляных работ возрос с 24,6—39,2 млн м³ в 1966—1969 гг. до 46,7—58,5 в 1970—1977 гг., о чем можно судить по следующим данным:

Таблица 37

Сток коллекторно-дренажных вод по областям УзССР (данные, ММВХ УзССР), млн м³

Область	Год			
	1969	1970	1973	1977
Ташкентская	2545	2480	2331	1265
Сырдарьинская	1681	1610	692*	1185
Ферганская	1800	2554	2043	2148
Анджнанская	1430	1780	254	2149
Наманганская	1673	2013	1981	1703
Самаркандская	810	863	202	369
Джизакская	—	—	—	430
Бухарская	666	1172	906	917
Кашкадарьинская	301	150	160	186
Сурхандарьинская	999	813	1103	987
Хорезмская	1744	1909	2450	2446
КК АССР	670	790	1059	1248
Итого по УзССР	14299	16134	15481	15053

* Без Джетысайского и Идычевского районов КазССР

Год	Общая протяженность, тыс. км	Очищено, тыс. км	%	Объем земляных работ, млн. м
1966	15,2	4,2	27,6	26,7
1967	15,4	3,1	20,0	24,6
1968	15,3	3,6	23,5	28,8
1969	15,4	4,6	30,0	39,2
1970	18,2	6,4	34,5	52,3
1971	19,0	4,9	25,8	46,7
1972	19,7	5,4	27,4	48,5
1973	20,5	6,0	29,2	51,6
1975	20,3	5,7	28,0	53,7
1977	20,3	6,2	30,5	58,5



Открытая дрена.

Значительно хуже обстоит дело с очисткой внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети. Внутрихозяйственная сеть ежегодно очищалась лишь на 13—18%, только в 1977 г. — до 26,4% общей протяженности, повторяемость очистки 6—7 лет, об этом свидетельствуют следующие данные:

Год	Общая протяженность, тыс. км	Очищено, тыс. км	%	Объем земляных работ, млн. м
1966	21,0	4,5	18,9	17,2
1967	25,1	4,5	17,9	18,0
1968	28,9	5,3	20,5	20,5
1969	28,3	4,5	15,9	17,6
1970	35,6	5,7	16,0	18,0
1971	40,0	5,3	13,4	27,8
1972	42,9	5,9	13,8	25,9
1973	46,1	8,2	17,8	30,1
1975	38,9	9,8	24,1	31,1
1977	38,6	10,2	26,4	45,2

Таблица 38

Объемы очистных работ по межхозяйственной и внутрихозяйственной дренажной сети с 1966 по 1977 г. в среднем увеличились в 2 раза.

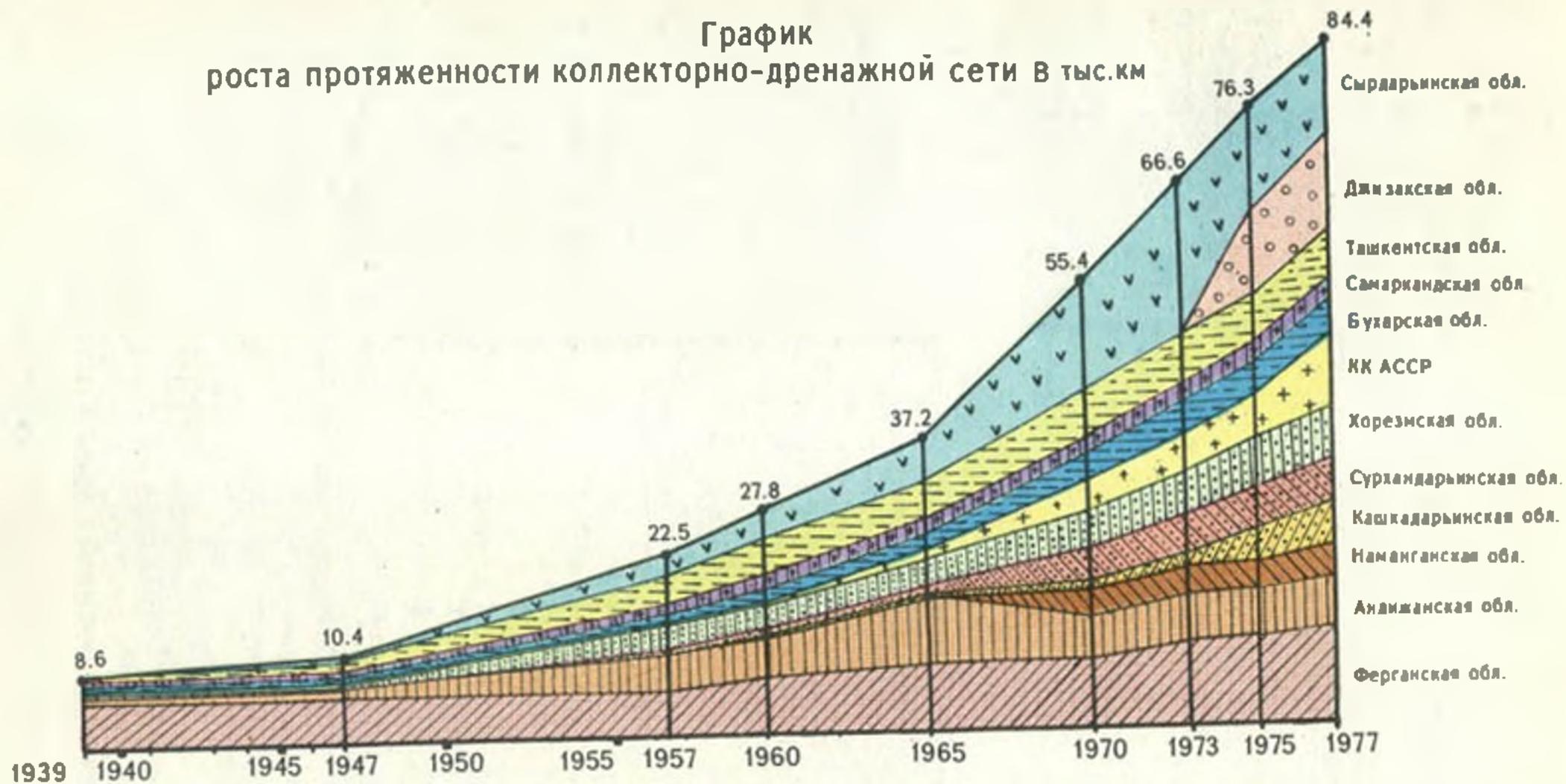
Надо отметить, что внутрихозяйственная сеть пока в некоторых хозяйствах находится в запущенном состоянии, вследствие плохого надзора местами она перекрывается земляными перемычками, разрушается сбросами с полей и плохо очищается от растительности.

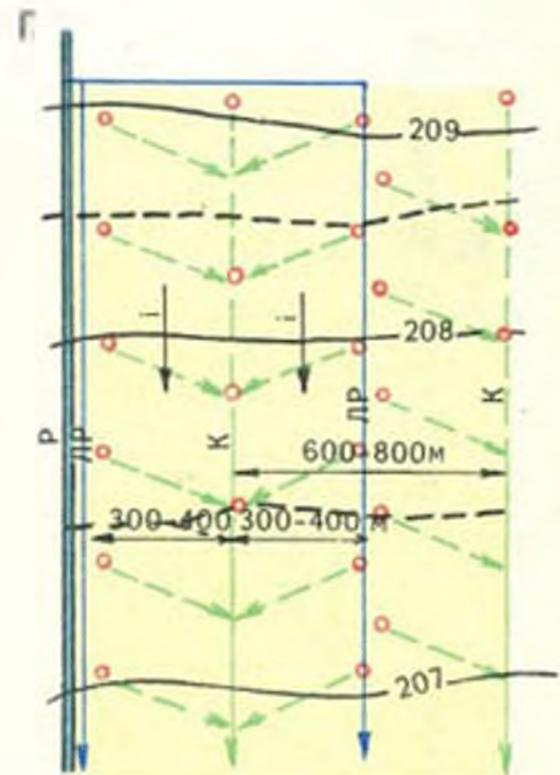
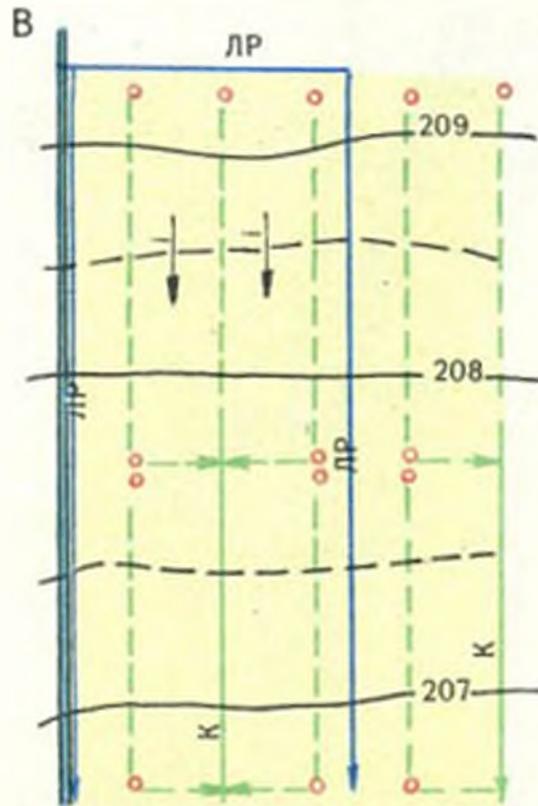
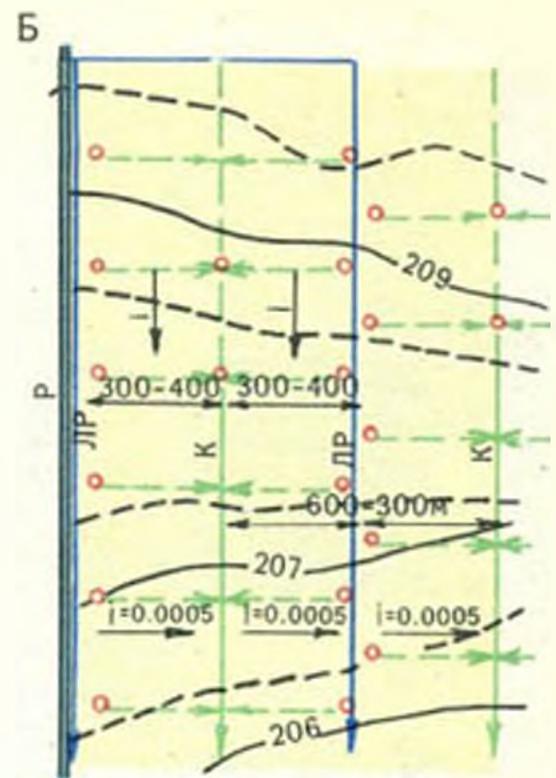
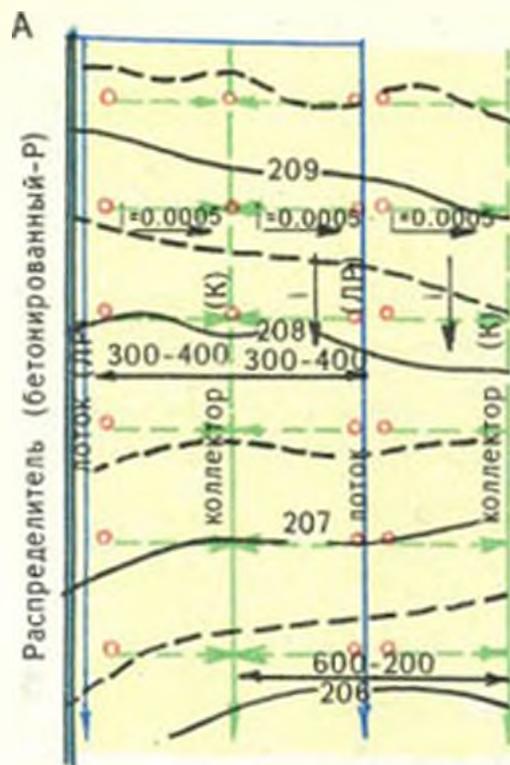
Содержание осушительной сети в рабочем состоянии в мелкоративно неблагоприятных районах — решающий фактор, обеспечивающий повышение урожайности сельскохо-

Приближенный водно-солевой баланс по областям УзССР (данные ММ ч ВХ УзССР)

Область	Водозабор из источников прощания, млн. м ³	Минерализация просительной воды, г/л		Стоимость дренажно-сбросимой воды, млн. м	Минерализация дренажно-сбросимой воды, г/л		Поступление солей с просительной водой, тыс. т		Чистые соли дренажно-сбросимой воды, тыс. т		Увеличение (+) или уменьшение (-) солей, тыс. т	
		плотный остаток	хлор		плотный остаток	хлор	плотный остаток	хлор	плотный остаток	хлор	плотный остаток	хлор
1970 г.												
Сырдарьинская	3906	0,80	0,08	1610	2,62	0,35	3137	331	1719	575	-1081	-244
Ферганская	5079	0,45	0,058	2554	1,81	0,595	2288	295	4747	1514	-2459	-1219
Андижанская	3637	0,48	0,019	1780	1,08	0,059	1744	70	1920	105	-176	-354
Бухарская	4140	0,656	0,031	1172	3,38	0,33	2715	211	3070	388	-1255	-177
Сурхандарьинская	3927	0,528	0,060	813	1,612	0,281	2070	231	1392	217	+678	+11
Хорезмская	3917	0,73	0,19	1901	3,96	1,08	2893	769	7117	2035	-4524	-1264
КК АССР	5919	0,7	0,142	790	3,34	0,69	4110	838	2840	515	-1700	-293
1977 г.												
Ташкентская	3282	0,5	0,033	1265	1,72	0,1	1611	108	2177	139	-535	-3,1
Сырдарьинская	2857	1,43	0,14	1185	3,92	0,52	4086	400	4615	616	-559	-216
Ферганская	5631	0,64	0,03	2148	2,56	0,24	3601	160	5498	515	-1894	-316
Андижанская	3870	0,46	0,02	2149	1,58	0,09	1780	77	3396	193	-1616	-116
Наманганская	2949	0,58	0,05	1703	1,14	0,1	1710	117	1942	170	-232	-21
Джизакская	2184	1,21	0,16	430	6,48	1,58	2613	319	2790	680	-147	-331
Бухарская	4095	0,71	0,11	917	4,52	0,53	2940	463	4143	490	-1203	-27
Сурхандарьинская	3020	0,6	0,058	987	2,63	1,09	1818	175	2600	1078	-782	-903
Хорезмская	4487	0,83	0,21	2446	3,34	0,9	3725	942	8170	2201	-4445	-1259
КК АССР	7664	1,02	0,27	1248	3,3	0,92	7818	2108	4117	1146	-3701	-960

График
 роста протяженности коллекторно-дренажной сети в тыс. км





- Магистральный распределитель (Р) в бетонной одежде
- Лотковый распределитель (ЛР)
- Открытый коллектор (К)
- Коллектор } закрытые
- Дрены }
- Основной уклон местности
- $i=0.0005$ Направление полива

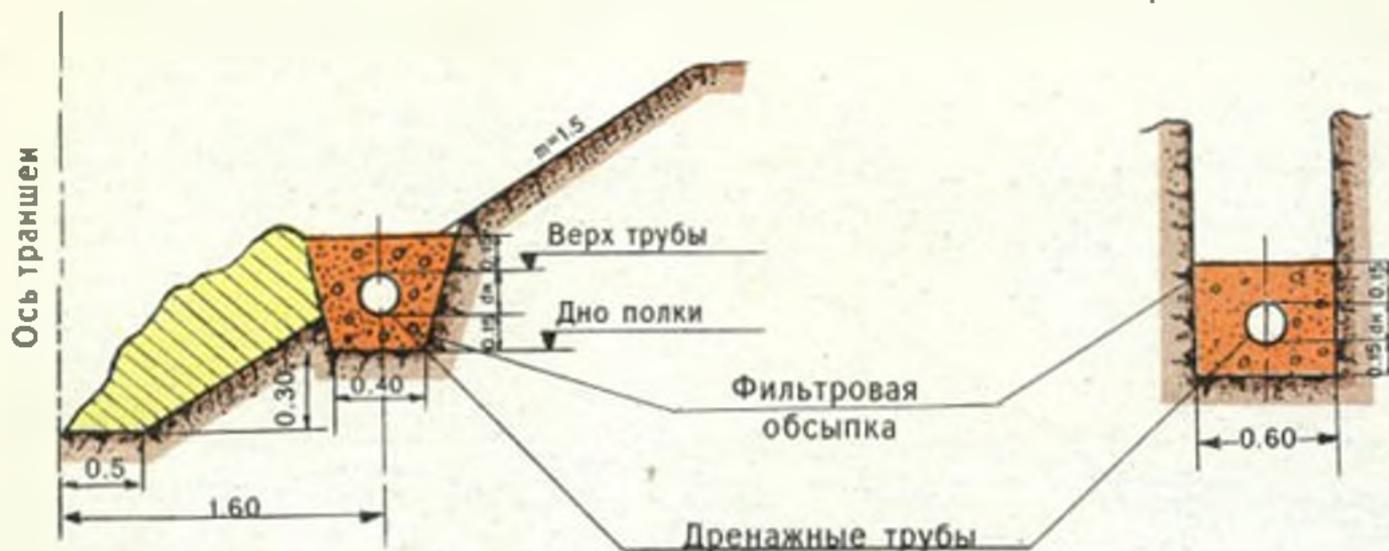
Схемы размещения дрен в плане

А-решеткой;
В-гребенкой;

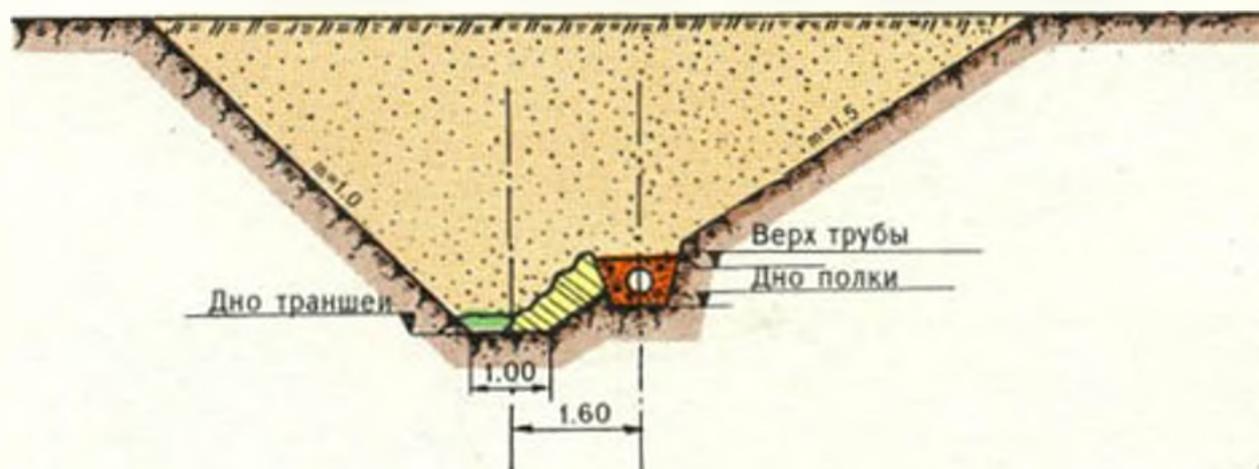
Б-решеткой вразбежку;
Г-елочной

а) Полумеханизированным способом

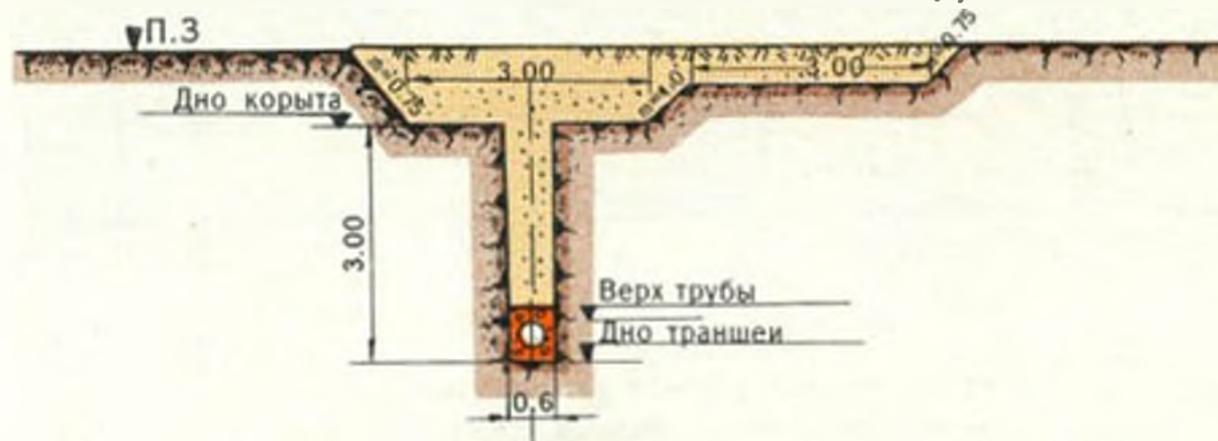
б) Механизированным способом



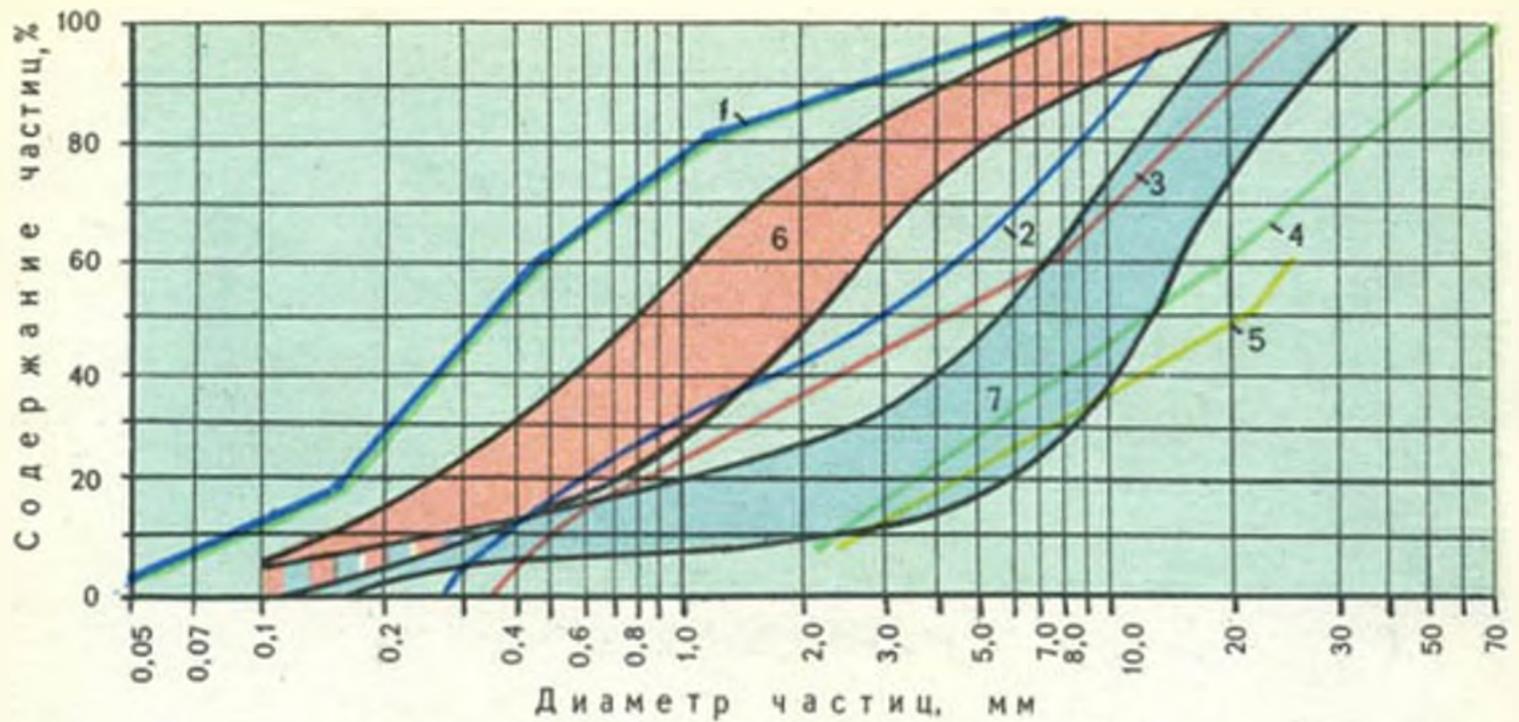
в) Полумеханизированным способом (мокрые грунты)



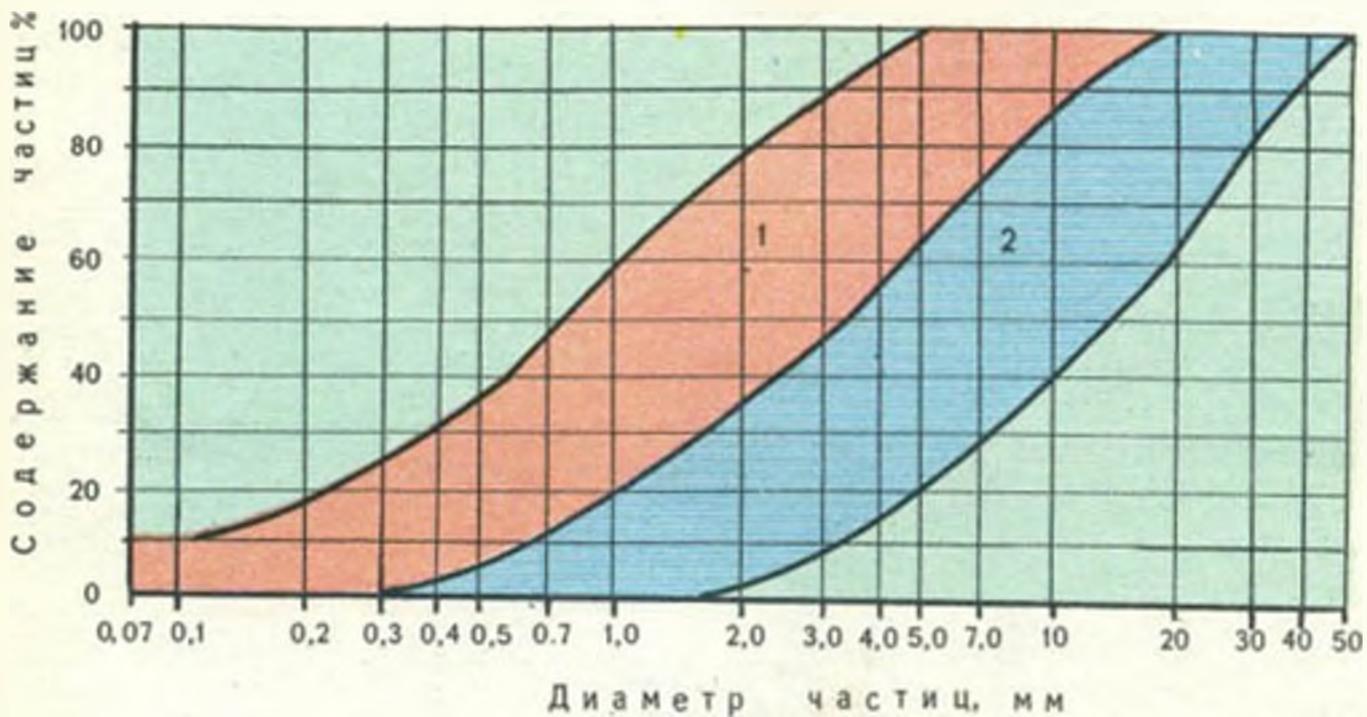
г) Механизированным способом (влажные грунты)



Конструкции поперечных сечений закрытых дрен



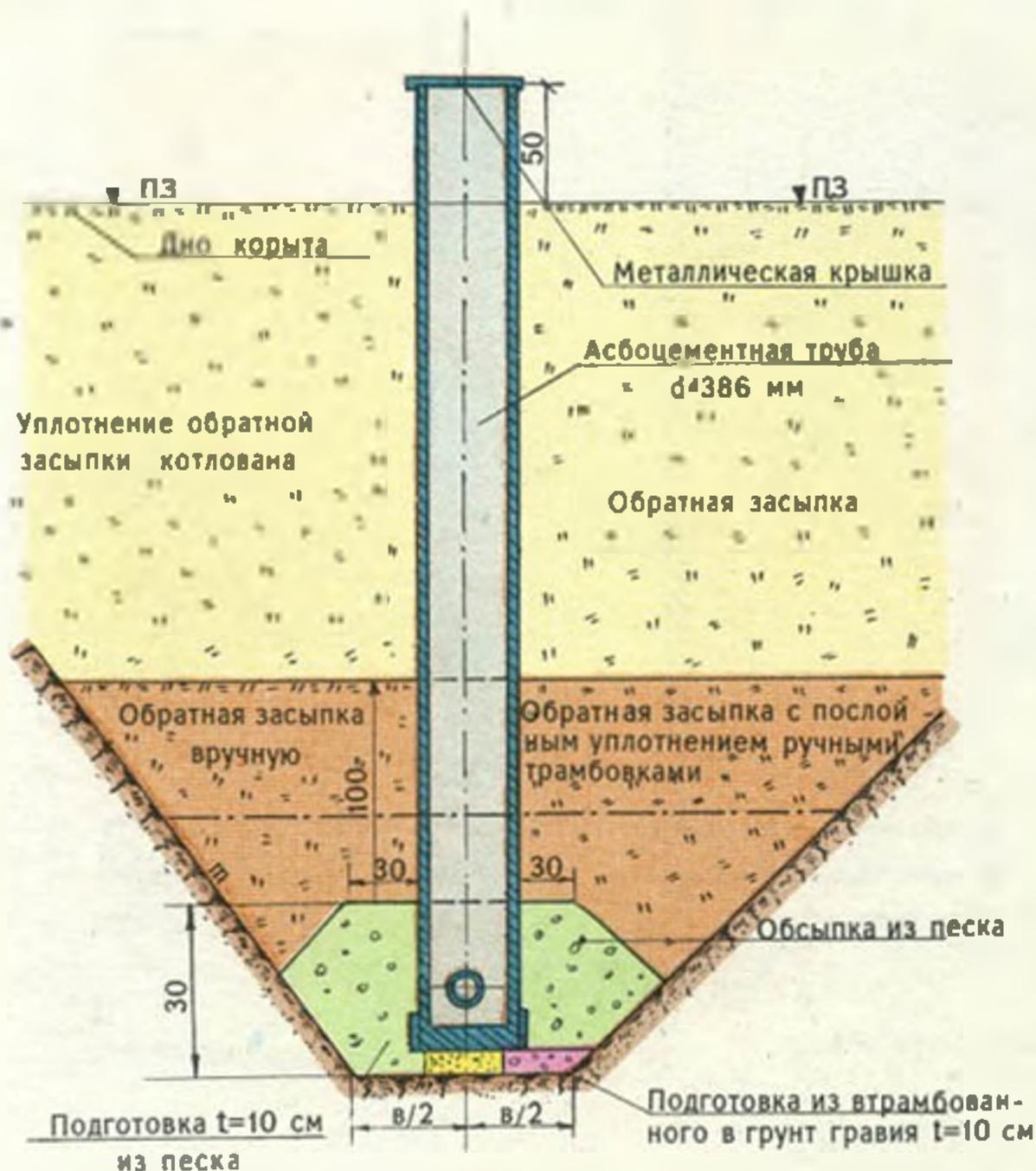
Расчетные кривые (1,2,3,4,5) фракционного состава фильтров и его допустимые области (6,7), установленные по результатам вскрытий закрытых горизонтальных дрен. 1-нижняя граница из условия геометрической непроницаемости частиц фильтра через перфорацию дренажных труб; 2,3-предельная граница для защиты плавунных грунтов (супеси, легкие суглинки); 4,5-то же, но для защиты фильтрационно-устойчивых грунтов; 6-для защиты плавунных грунтов; 7-для защиты фильтрационно-устойчивых грунтов



Рекомендуемые области фракционного состава фильтровых обсыпок закрытого горизонтального дренажа для
 1-плавунных грунтов;
 2-фильтрационно-устойчивых грунтов

Начальный колодец для
дрен, построенных механи-
зированным способом

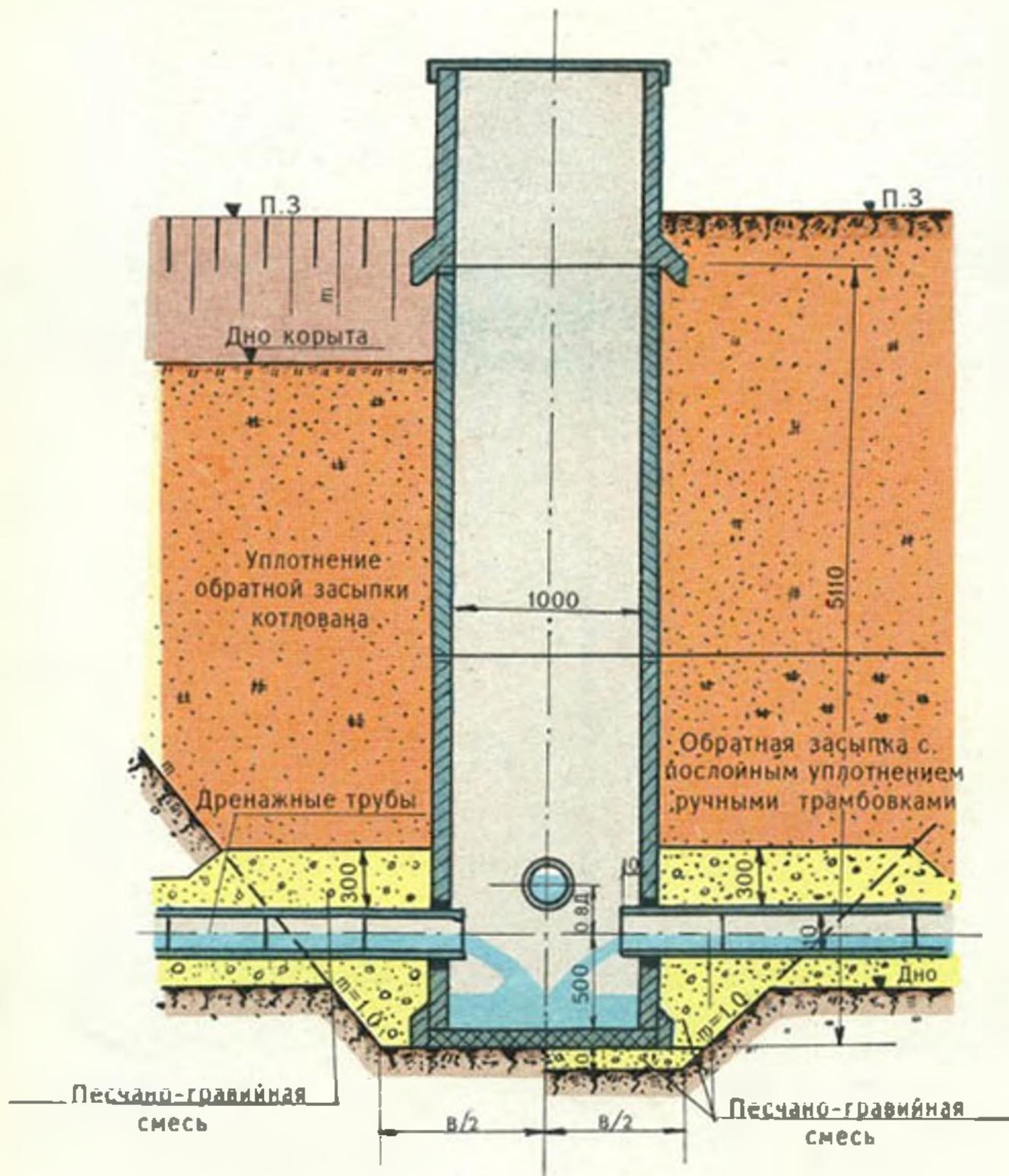
Начальный колодец для
дрен, построенных полу-
механизированным способом



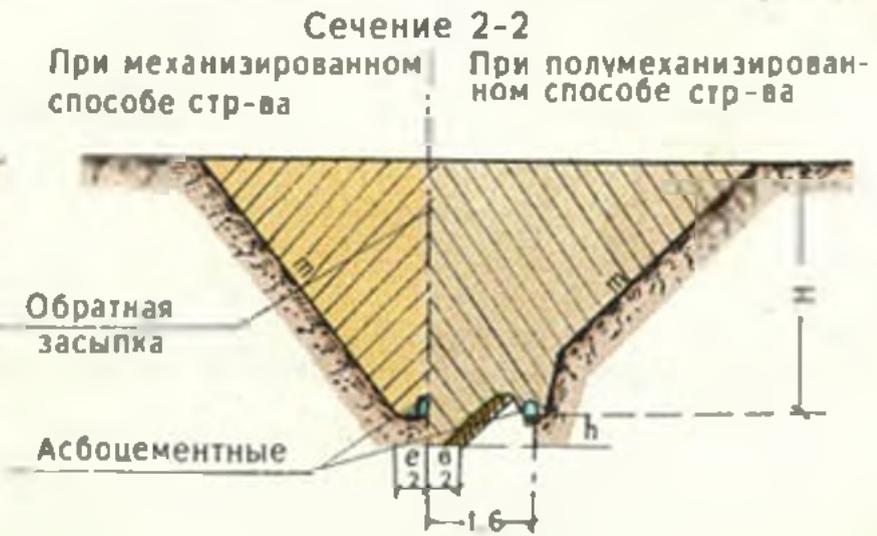
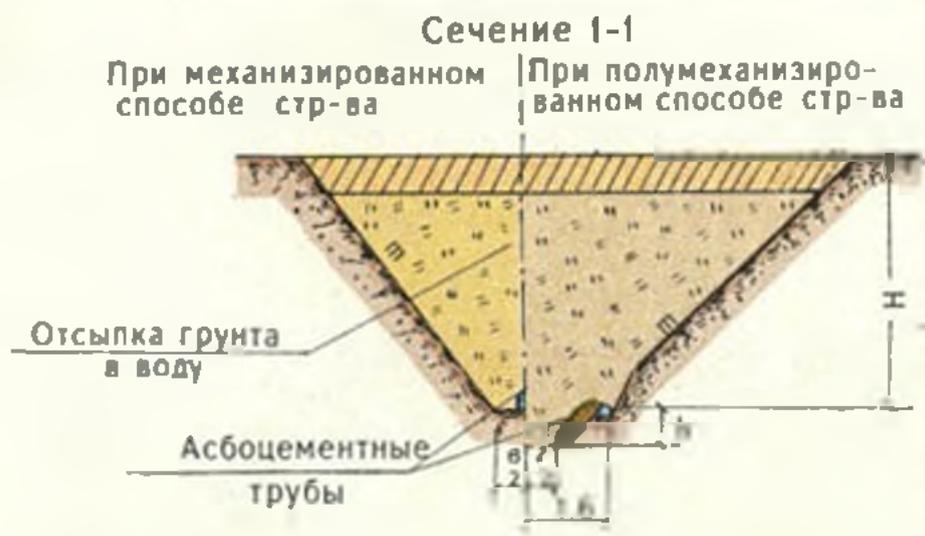
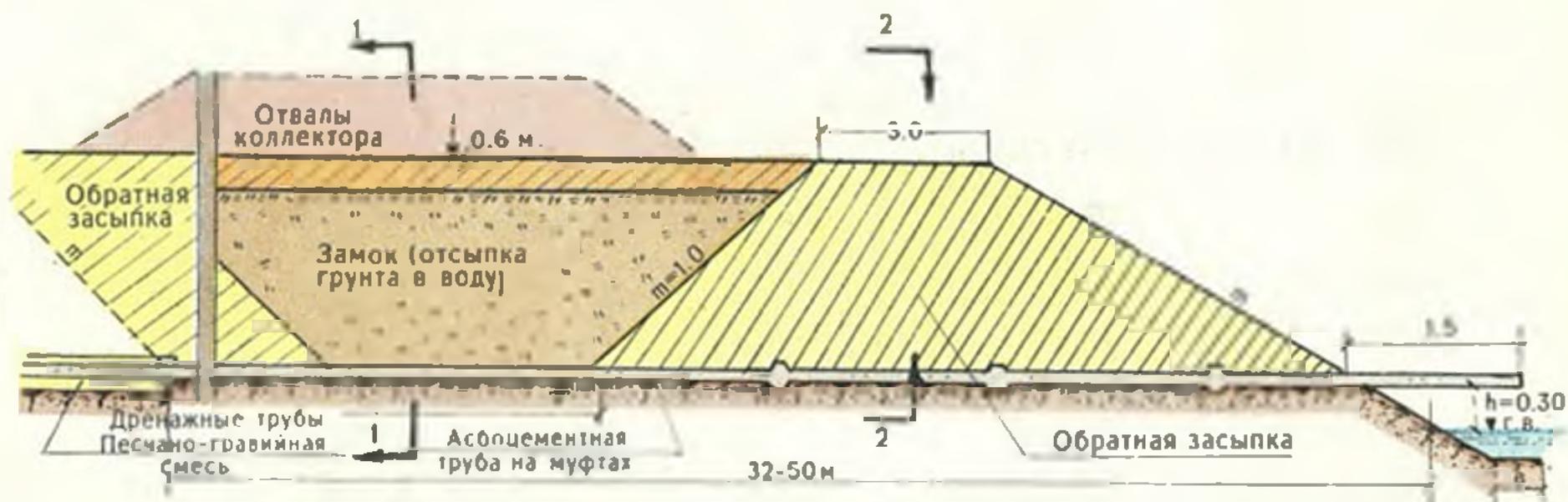
Конструкции начальных колодцев

Смотровой колодец для дрен,
построенных механизирован-
ным способом

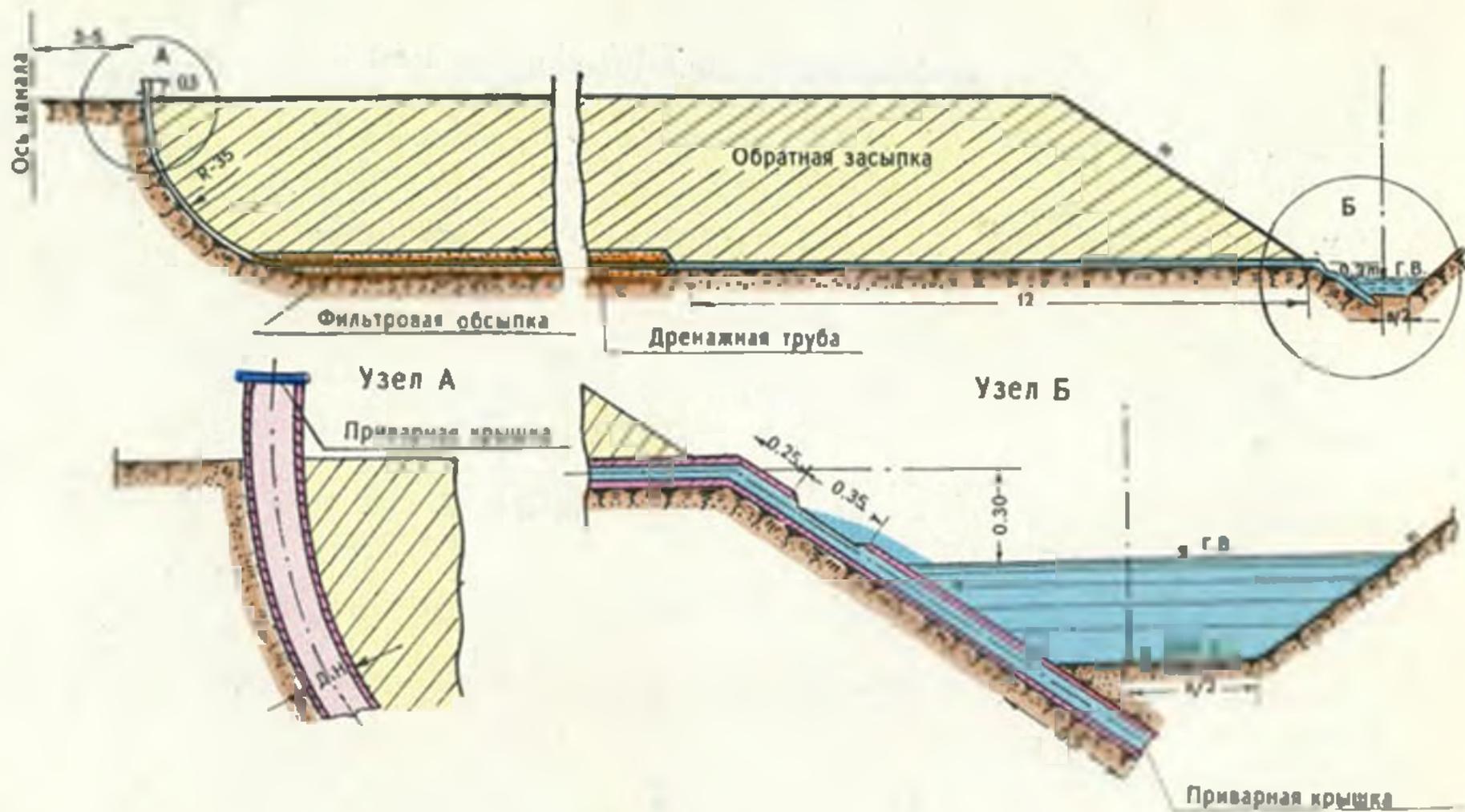
Смотровой колодец для дрен,
построенных полумеханизиро-
ванным способом



Конструкции смотровых колодцев



Конструкция устьевого сооружения



Начальный колодец и устьевое сооружение пластмассового дренажа

зяйственных культур и подъем экономики хозяйства. Однако объемы очистных работ и ассигнования на содержание открытой коллекторно-дренажной сети очень велики. В 1976—1977 гг. по межхозяйственной коллекторно-дренажной сети они составили 9,6—9,9 млн. руб. Кроме того, под дренаж отводятся значительные площади плодородных земель, поэтому взят твердый курс на строительство более совершенных типов дренажа — закрытого горизонтального, комбинированного и вертикального.

Первые опыты строительства закрытого горизонтального дренажа в УзССР, производившиеся на территории Золотоординской центральной опытно-мелиоративной станции, были проведены Н. В. Макридным в 1928—1929 гг. Горизонтальный закрытый дренаж был построен на участке площадью 170 га, который специальной комиссией был признан наиболее типичным для орошаемой зоны северо-восточной части Голодной степи.

На участке было построено 10 дрен первого порядка, два коллектора-собирателя и насосная станция для перекачки собранной воды в коллектор Шурузяк. Общая протяженность дрен составила 4770 м, коллекторов — 1410 м; длина открытой дрены была равна 530 м, удельная протяженность закрытого дренажа — 36,3 м/га. Средняя глубина заложения дрен составила 2,4 м, коллекторов — 3,2 м.

Дрена состояла из дренажных труб, уложенных на грунт без фильтрующей обсыпки; в местах стыка две трети трубы по диаметру (сверху) покрывались толью.

Исследования (Н. В. Макриды, Н. В. Малыгин, В. М. Легостаев, А. П. Вавилов и др.) на опытном участке позволили установить хорошую мелиоративную эффективность горизонтального закрытого дренажа, несмотря на тяжелые условия его работы при напорном питании грунтовых вод, а также то, что конструкция водоприемной части без фильтра ненадежна.

Главголодностепстрой совместно с Узгипроводхозом и Средазгипроводхлопком приняли решение о строительстве опытных ирригационных систем с закрытым горизонтальным дренажем в совхозах «Фархад» площадью 600 га (Узгипроводхоз) и «Дружба» площадью 250 га (Средазгипроводхлопок).

Подобные опытно-производственные участки стали организовываться и в других областях республики. В 1960—1961 гг. были построены закрытые дренажи в колхозах «Совет» и «Большевик» Алтыарыкского района Ферганской области, в 1964—1965 гг. — на

Федченковской опытной сельскохозяйственной станции СоюзНИИХИ, в 1963 г. — в совхозе «Славянский» Пахтааральского района Сырдарьинской области (в настоящее время Чимкентская область Казахской ССР), а в 1966—1967 гг. — в колхозе «Правда» Янгиярыкского района Хорезмской области и др. Каждый опытно-производственный участок имел свои конструктивные особенности дрен, обусловленные литолого-гидрогеологическим разнообразием мелнируемых территорий, цель — выявить наиболее оптимальные, самые надежные в эксплуатации и дешевые конструкции закрытого дренажа.

Исследовались материал и конструкция труб, глубина заложения и особенно состав фильтровой обсыпки, а также условия механизации работ и удешевления строительства и эксплуатации. Все опытные участки, за исключением голодностепских, были построены полумеханизированным способом (укладка труб и фильтра вручную).

Данные исследований, проведенных Главголодностепстроем, САННИРИ и Средазгипроводхлопком, позволили разработать технологию строительства закрытых дрен с помощью дрепоукладочного комбайна, параметры закрытых дрен и состав песчано-гравийной фильтровой обсыпки.

После внедрения дрепоукладочного комбайна в Голодной степи начинается усиленное строительство закрытых дрен. Период развития строительства закрытого дренажа и эволюции его конструктивных элементов можно разделить на два этапа — с 1960 по 1964 г. и с 1964 г. по настоящее время.

В первый этап разворачивается массовое строительство совхозов в Голодной степи. Однако освоенные земли стали подвергаться засолению. Редкая коллекторная открытая сеть не справлялась с отводом грунтовых вод, а дренажная сеть только проектировалась. Материально-техническая база находилась в стадии организации, отсутствовал опыт ее строительства, не была отработана технология производства. Опыта мелиоративных работ, полученного на опытных участках совхозов «Фархад» и «Дружба», было недостаточно.

По литологическим, гидрогеологическим и хозяйственным условиям строительства закрытых дрен совхозы № 5 и 6 резко отличались от совхоза «Фархад», но конструкция и элементы закрытых дрен были приняты такими же. Ширина траншей равнялась 60 см, толщина подстилающего и защитного слоя фильтра 15 см, дренажные трубы были гончарными, длиной 0,33 и укладывались

впритык прямым торцом. В качестве фильтровой обсыпки применялась крупнозернистая гравийная смесь из Бекабадского, Обручевского, Джизакского и Чиназского карьеров. Проектная удельная протяженность дренажа была очень низкой — 10—12 пог. м/га. Темпы работ по-прежнему были низкими, значительно отставали от темпов строительства ирригационных (оросительных) систем. Всего с 1960 по 1962 г. было построено 70 км закрытых дрен.

В 1962 г. впервые в Голодной степи была создана специализированная организация — Управление строительства закрытого дренажа (УСЗД). Управление было оснащено новейшими механизмами и имело 15 дренажерадочных комбайнов. За этот период они были значительно модернизированы, увеличилась его производительность. В 1962 г. было уложено уже 108,7 км закрытых горизонтальных дрен, в 1963 г. — 190,2 км, строились они уже по определенной системе.

Разрабатывались варианты конструкций дрен, проводились испытания по обработке ее элементов. Все работы проводились УСЗД в тесном содружестве с Средазгипроводхлопком и САНИИРИ. Однако темпы строительства по-прежнему были низкими по сравнению с ирригационной подготовкой территорий, на отдельных массивах уже появились признаки выпадения освоенных площадей из севооборота (результат вторичного засоления).

В 1964 г. на базе УСЗД создана крупная самостоятельная организация — трест «Дренажстрой». С созданием треста и при активном участии Средазгипроводхлопка началась систематизация построенных дрен, детальное изучение их конструкций; уточнялась и обрабатывалась технология строительства, определялись районы с недостаточной протяженностью дренажа и др. Научно-исследовательские работы вели САНИИРИ, ВНИИ-ГиМ, СоюзНИХИ, Почвенный институт им. Докучаева и др.

Во второй этап перед трестом «Дренажстрой» встала задача — в кратчайший срок закончить организационный период, приступить к массовому строительству закрытого дренажа в совхозах Голодной степи, в первую очередь в местах, где наблюдались признаки вторичного засоления.

Одновременно трест совместно с Голодно-степестроем, Средазгипроводхлопком и САНИИРИ занялся окончательной обработкой конструкции закрытой дрены, ее элементов и выбором материала фильтровой обсыпки. В 1965 г. была принята единая конструкция

закрытой дрены для строительства механизированным и полумеханизированным способами.

Основным материалом, используемым в качестве фильтровой обсыпки, были сначала естественные песчано-гравийные смеси Джуминского, а затем Агалькского и Илансайского карьеров.

По гранулометрическому составу применяемая в дренах фильтровая обсыпка по разработанной методике подбора имела следующие значения:

Размер фракции, мм	Частные остатки, %	Полные остатки, %
20—10	2,6	100
10—5	10,9	97,4
5—2,5	19,8	86,5
2,5—1,2	14,5	66,7
1,2—0,3	41,0	52,2
0,3—0,15	7,8	11,2
0,15	3,4	3,4

В качестве дренажных применялись гончарные раструбные трубы, а также керамические и асбоцементные. Значительное количество укладываемых труб выполнено из полимерных материалов. Всего в Голодной степи уложено свыше 1500 км полимерных дрен из гофрированных полиэтиленовых труб диаметром 63—75 мм.

На Хавастском заводе отработана технология изготовления керамических труб с суженным раструбом, это позволяет повысить производительность дренажерадочников и обеспечивает надежное центрирование и устойчивость трубчатой линии к восприятию бытовых нагрузок в процессе их эксплуатации. Резко возросло качество работ.

С 1968 г. трест «Дренажстрой» приступил к комплексно-мелиоративной подготовке новоосвоенных земель и широкому мелиоративному улучшению ранее освоенных территорий. Началось массовое внедрение закрытого горизонтального дренажа в Шерабадской степи Сурхандарьинской области; развернуто его строительство в Каршинской и Джизакской степях, при этом используется опыт проектирования, технологии строительства и эксплуатации, накопленный в Голодной степи.

К 1978 г. в республике построено около 20 тыс. км закрытых дрен и коллекторов; из них в Голодной степи 14,5, в Сурхандарьинской области 2,9, в Каршинской степи 2,1. Незначительная часть закрытой сети приходится на опытно-производственные участки в других районах республики.

СОСТАВ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ, ПЛАНОВОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ВСЕХ ЗВЕНЬЕВ И ВЗАИМУВЯЗКА ИХ С ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТЬЮ, СООРУЖЕНИЯ НА СЕТИ

Дренажная система представляет собой совокупность гидротехнических сооружений и устройств, предназначенных для захвата и отвода минерализованных грунтовых вод с промываемой и орошаемой территории, и является основной в комплексе мелиоративных мероприятий, обеспечивающих устойчивое рассоление или предупреждение вторичного засоления почвогрунтов.

В зависимости от расположения на орошаемой территории и назначения коллекторно-дренажная сеть подразделяется на следующие виды:

систематический дренаж, когда коллекторы и дрены расположены сравнительно равномерно на дренируемой территории с учетом природных и хозяйственных условий,

выборочный дренаж, когда отдельные коллекторы и дрены приурочены к пониженным частям рельефа с близким залеганием уровня грунтовых вод (низины, западины, участки с выходом ключей и т. д.),

отсечный (перехватывающий) дренаж, когда коллекторы и дрены расположены выше защищаемой территории и вдоль крупных поверхностных источников питания грунтовых вод и предназначены для перехвата фильтрационного потока.

По конструктивному исполнению коллекторно-дренажная сеть может быть открытой, закрытой и усиленной вертикальными скважинами-усилителями (комбинированный дренаж) в двухслойных средах.

В зависимости от характера и продолжительности работы коллекторно-дренажная сеть может быть постоянной и временной. Временный дренаж дополняет постоянный только на период промывок засоленных земель, когда требуется ускорить отвод инфильтрационных вод.

В состав коллекторно-дренажной сети входят дрены, внутрихозяйственные и межхозяйственные коллекторы, головные (ловчие) и береговые дрены, гидротехнические сооружения, гидрометрические и водомерные устройства, насосные станции перекачки дренажных вод, дорожная сеть, линии связи и т. д. Коллекторно-дренажную сеть размещают с учетом природных (топографических, почвенно-мелиоративных, гидрогеологических и др.) и хозяйственных условий местности в сочетании с элементами оросительной системы так, чтобы она не препятствовала воз-

можности правильной организации территории хозяйств, а также применению высокопроизводительных механизмов и прогрессивных приемов агротехники.

Дрены представляют собой первичное звено коллекторно-дренажной сети. Они обеспечивают прием и отвод грунтовых вод непосредственно с полей орошения.

Коллекторы служат не только для приема воды из дренажной сети и отвода ее в звенья старшего порядка и далее в водоприемник, но и могут обеспечить дренирование земель непосредственно в зоне своего влияния. В зависимости от зоны обслуживания коллекторы подразделяются на внутрихозяйственные и межхозяйственные.

Межхозяйственная коллекторно-дренажная сеть обслуживает территории двух или более хозяйств (колхозы, совхозы и др.); внутрихозяйственная дренирует территорию только одного хозяйства.

Вся коллекторно-дренажная сеть или ее звенья может быть открытой или закрытой, что определяется технико-экономическими расчетами. Систематический постоянный дренаж проектируется, как правило, закрытым. При проектировании стремятся к тому, чтобы большая часть трасс коллекторно-дренажной сети располагалась по наибольшему уклону местности. Существует несколько вариантов размещения КДС.

Если на постоянно действующих оросительных каналах противотрационные облицовки не предусмотрены, дрены стараются располагать примерно посередине между каналами, а при пересечениях с поверхностными водотоками прокладываются глухие участки (без водоприемных отверстий) дрен. Поворот закрытых дрен в плане осуществляется с помощью колодцев. Величина радиуса поворота открытых коллекторов должна быть не меньше пятикратной ширины канала по урезу воды.

Допустимые уклоны дрен определяются, исходя из максимально допустимых скоростей воды, которые для асбоцементных и полиэтиленовых труб со стыками на муфтах практически не ограничиваются, а для гладких керамических и раструбных не должны превышать соответственно 1,0 и 1,5 м/сек.

Рекомендуются следующие минимальные уклоны дрен:

Вид	Минимальный уклон
Постоянные открытые	0,0005
Открытые коллекторы	0,0003
Закрытые трубчатые с диаметрами	
50—100 мм	0,002
125—200 мм	0,0015
200 мм и более	0,001

Нормальная эксплуатация всех звеньев дренажной системы немислима без оснащения ее необходимыми гидротехническими, транспортными, укрепительными сооружениями и измерительными устройствами. Комплексе гидротехнических сооружений на коллекторно-дренажной сети должен обеспечить следующее: самотечный отвод дренажных и сбросных вод с мелпорируемой территории в водоприемник или перекачку их в случае невозможности или нецелесообразности самотечного отвода, нормальное сопряжение бьефов и устранение опасности размыва, возможность переезда транспорта и перехода пешеходов в нужных пунктах через открытые коллекторы, нормальное пересечение с элементами ирригационной сети, постоянный надзор за работой сети и своевременный ее ремонт, а также учет отводимых дренажных и сбросных вод за пределы мелпорируемой территории.

К составным элементам открытых горизонтальных дрен и коллекторов относятся бермы и защитные полосы с отвалами грунта. Полосы планируются вдоль коллекторов, по ним устраиваются эксплуатационные дороги, ведущие, как правило, к служебным помещениям, сторожкам, сооружениям и гидростам.

На коллекторах нецелесообразно устройство перепадов, но если они необходимы, то их приурочивают к местам максимальных уклонов местности, совмещая с переездами и переходами, предусматривая возможность последующего углубления сети. При перепадах в горизонтах воды сопрягаемых каналов, превышающих по величине половину наполнения впадающего коллектора, предусматривается крепление устьевой и водоприемной частей или устройство консольных перепадов.

На пересечениях дорог и оросительных каналов с открытой коллекторно-дренажной сетью предпочтение отдается мостам и акведукам. Как показал многолетний опыт эксплуатации, устройство трубчатых переездов допустимо лишь на начальных участках дрен и коллекторов при благоприятных литологических условиях, так как необходимо учитывать быструю заносимость труб, трудность очистки их от наносов, а также затруднения, могущие возникнуть при необходимости углубления коллекторно-дренажной сети и при пропуске сбросных вод.

Иногда приходится переключать часть расходов и другие водотоки или, если вода имеет незначительную минерализацию и хорошее качество, вывода ее в оросительную

сеть. Это делается с помощью водораспределительных сооружений.

Коллекторно-дренажная сеть снабжается эксплуатационными учетными приспособлениями. К ним относятся водомерные рейки, предназначенные для фиксации горизонтов воды, и гидрометрические посты, которые наряду с регистрацией горизонтов позволяют определить расход воды, протекающей в данном створе коллектора.

Гидрометрический пост с фиксированным руслом состоит из мостика, репера и водомерной рейки, защищенной от набегания струи, при водосливных конструкциях — из репера, водомерной рейки и водослива. Эксплуатационные водомерные сооружения размещаются в плане таким образом, чтобы можно было обеспечить измерение дренажного оттока с каждой единицы водопользования, агроучастка, отделения или всего хозяйства, а также в устьях коллекторов, впадающих в звенья старшего порядка или в водоприемник.

Коллекторно-дренажная сеть снабжается опознавательными и предупредительными знаками в виде километровых столбов на пересечениях с дорогами, каналами, линиями связи и электропередач, а также на пересечениях с подземными коммуникациями, у населенных пунктов и т. п. На закрытых дренах и коллекторах устраиваются устьевые сооружения, смотровые и начальные колодцы и водомерные средства.

Устьевые сооружения обеспечивают сохранность концевой части закрытой дрены, а также принимающего коллектора. Конструкция устьевого сооружения для дрен из керамических труб получила широкое распространение в условиях Голодной стены. Для дрен из пластмассовых труб применяется иная конструкция устьевого сооружения.

Начальные колодцы устраиваются в потоках закрытых дрен для подачи воды на замочку и промывку труб, выполняются из асбоцементных или пластмассовых труб. Диаметры смотровых колодцев должны иметь размеры, позволяющие свободно опускаться человеку на дно его для осмотра состояния полости дрены и производства очистки ее ручным или гидравлическим способом дренажно-промывочной машиной ПДТ-125 или путем пропуска специального троса с ершом и другими приспособлениями.

Смотровые колодцы устраиваются при впадении дрен в закрытый коллектор и на углах поворота дрен. На прямолинейных участках смотровые колодцы располагаются через каждые 400—1000 м и приурочиваются

к местам изменения уклона или диаметра дрен. Меньшие значения расстояний между колодцами допускаются для керамических гладкостенных труб при малой устойчивости грунтов; наибольшее расстояние рекомендуется при применении асбоцементных и полиэтиленовых труб на муфтах в устойчивых грунтах. Все виды колодцев, расположенные на орошаемых полях (вне зоны отчуждения), имеют конструкцию, позволяющую в эксплуатационный период ликвидировать выведенные на поверхность секции, мешающие выращиванию сельскохозяйственных культур.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВОДОПРИЕМНОЙ ЧАСТИ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Применяемые конструкции водоприемной части дрен в поперечном сечении имеют идентичные решения и представлены взаимосвязанными элементами, к которым относятся трубчатая линия, фильтровая обсыпка, защитный слой, обратная засыпка. Несмотря на кажущуюся простоту конструкции водоприемной части закрытых дрен, они не всегда выдерживают заданную нагрузку и выходят из строя или заиливаются. Это отмечено уже в первых опытах закладки закрытого горизонтального дренажа (Зарафшанское опытное поле, опытное поле Ультарма, Великоалексеевский дренажный участок, Центральная и Федченковская ОМС), а также при его производственном внедрении в старой и новой зонах орошения Голодной, Шерабадской степей и других районах.

Для предупреждения преждевременного ухудшения работоспособности дрен при проектировании необходимо получить точные данные об объемном весе, просадочности, гранулометрическом составе, пластичности, связности, водоотдаче грунтов в зоне заложения его водоприемной части. Следует учитывать и требования, предъявляемые к каждому ее конструктивному элементу.

Трубчатая линия является одновременно водоприемной и водоотводящей частью конструкции и может укладываться из труб различного материала. Преобладающий внутренний диаметр дренажных труб 100, 150 и 200 мм. Выбор тех или иных дренажных труб зависит от наличия сырья для их изготовления на объектах строительства дренажа, налаженности производства труб, условий дорожного сообщения и производится на основании технико-экономических расчетов. Они должны удовлетворять требованиям комплексной механизации производства работ,

обладать необходимой механической прочностью на раздавливание под действием бытовых нагрузок (вес грунта обратной засыпки и сельскохозяйственных машин) в пределах 0,8—1,0 кг/см, выдерживать гидравлическое давление не менее 0,5 кг/см², быть долговечными и водостойкими к агрессивной среде, морозо- и жаростойкими. Кроме того, к дренажным трубам предъявляются особые технические требования как по условиям их применения, так и по внешнему виду.

В Узбекистане в основном применяются гончарные или керамические трубы длиной 0,6—1,2 м, в Голодной и Шерабадской степях из них уложено около 80%. Асбоцементные трубы применяются редко, так как для полевого дренажа отпускаются в ограниченном количестве и в основном они используются для устройства устьевой части (30—40 м) дрен. Асбоцементные трубы с целью повышения долговечности в агрессивной среде пропитываются битумной консистенцией.

Пластмассовые (полиэтиленовые или винилпластовые) трубы длиной 6—12 м укладываются вручную. Они наиболее легкие, но имеют существенный недостаток: под действием высоких температур частично теряют прочность, прямолинейность, что затрудняет их укладку в траншею. Кроме того, они не выдерживают бытового давления (веса обратной засыпки и сельхозмашины) и сильно деформируются в поперечном сечении, иногда сплющиваются.

У труб среднего и тяжелого типа явления деформации поперечного сечения практически не наблюдаются. ВНИИГиМ, САНИИРИ и Голодноостепестрой создали высокопроизводительные дрепоукладчики (БДМ-301А, ДЦ-301) для укладки гофрированных пластмассовых труб диаметром до 72 мм в бухтах длиной по 100—200 м с круговым песчано-гравийным фильтром. Очевидно, применение пластмассового дренажа для мелиорации засоленных земель имеет большую перспективу.

Необходимо отметить, что в связи с массовым внедрением закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях Узбекистана производственных мощностей заводов явно недостаточно. Кроме того, транспортные расходы при перевозке в отдаленные районы значительно удорожают стоимость дренажных труб, снижая их рентабельность. Поэтому изыскания возможностей использования местного сырья для изготовления дренажных труб без строительства специальных заводов имеет большое народнохозяйственное значение. С этой целью в лаборатории строитель-

ных материалов САНИИРИ была разработана технология изготовления безобжиговых и пористых дренажных труб на глиноземистом цементе. Такие трубы стойки к агрессивному действию сульфатных вод, так как при твердении глиноземистого цемента не происходит образования свободной извести.

Безобжиговые трубы изготавливаются способом centrifугирования с использованием мелкозернистого барханного песка. Оптимальный состав раствора (по весу): Ц : П : Г = 1 : 4 : 0,05 В/Ц = 0,9. Для ускорения твердения добавляют 15—7% полуводного гипса, в результате они имеют достаточную прочность (вначале 1500—1600 кг/м). Вес 1 м безобжиговых труб равен 25 кг при диаметре 150 мм и толщине стенок 25 мм, а при 200 мм и 30 мм — 32 кг.

Оптимальный состав пористых труб на речном песке 1 : 8,5 при В/Ц = 0,75 и керамзите 1 : 3,5 при В/Ц = 0,87. Пористые трубы имеют достаточную прочность на раздавливание в пределах 2000—2500 кг/м и хорошую водопроницаемость $K_{\phi} = 10—20$ м/сут. Для придания гидрофобности пористые трубы пропитываются консистенцией из 5—10% водного раствора кремнеорганической жидкости ГKB-10, 11 или 94, что увеличивает пропуск расхода их на 10—16%. Вес погонного метра пористых труб диаметром 150 мм с толщиной стенок 25 мм равен 15 кг; при 200 мм с 30 мм — 23 кг и 300 мм с 35 мм — 35 кг.

Важное значение имеет конструкция стыков дренажных труб, особенно гончарных или керамических, где соединения играют одновременно роль водоприемных отверстий для грунтовых вод. От формы и размеров их зависит надежность, устойчивость и долговечность работы трубчатой линии. При строительстве дренажа в Узбекистане применяются следующие конструкции стыков: у коротких труб — прямым торцом впритык, цилиндрическим раструбом и конической фаской, у длинных — муфтами. Имеются также предложения и проведены опыты по соединению труб полимерной муфтой, битумной мастикой для пористых и сваркой для пластмассовых труб.

Опыт эксплуатации закрытого горизонтального дренажа на ЦОМС и в Голодной степи показывает, что в плавунных грунтах соединение труб впритык прямым торцом не обеспечивает прямолинейности линии: наблюдаются значительные отклонения ее как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Наиболее хорошие соединения дренажных труб — раструбы, фаски и муфты. Эти соеди-

нения обеспечивают самоцентрировку, устойчивость и прямолинейность трубчатой линии.

Следует отметить, что применявшиеся в Голодной степи канализационные трубы с обычным раструбом не обеспечивали нужную центровку смежных звеньев и при их соединении в верхней части раструба образовывался зазор шириной более 10 мм, опасный с точки зрения просыпания и суффозии частиц фильтрового материала и дренируемого грунта. Заделка этого зазора просмоленной бечевкой увеличивала стоимость и снижала производительность укладки и, самое главное, — уменьшала скважность труб. Решено раструбы прикрывать водонепроницаемыми материалами (техническая ткань, стеклоткань и др.) или уменьшать размеры зазоров с помощью прокладочных колец. Указанный недостаток отсутствует у дренажных труб Хавастского завода, раструбное соединение которых обеспечивает зазор, равный 4—6 мм. Эти трубы получили широкое применение в производстве.

В отделе механизации САНИИРИ разработана конструкция гончарных труб с наружной и внутренней коническими фасками. На одной из фасок размещаются выступы с таким расчетом, чтобы получить требуемую величину зазора (2—3 мм). Опытное производственное изготовление таких труб начато на Каршинском заводе.

У длинных труб грунтовые воды поступают через специально устроенные по периметру водоприемные отверстия и щели, размеры которых (диаметры отверстий, толщина зазора, ширина и длина щелей) устанавливаются в зависимости от фракционного состава материала фильтровой обсыпки по полученным рекомендациям и проверяются специальными лабораторными опытами. В практике строительства закрытого дренажа в Узбекистане диаметр отверстий в основном составляет не более 5 мм, а размеры щели равны 100×3 мм. С целью сохранения прочности на изгибающие моменты, особенно для полиэтиленовых труб, щели выполняются вдоль их оси.

Полевые исследования в Ферганской и Хорезмской областях и в Голодной степи показывают, что трубчатые линии со скважностью 0,3—0,5% свободно пропускают дренажный сток грунтовых вод величиной от 11 до 30 л/с на 1 км (в зависимости от водоотдачи дренируемых грунтов). На орошаемых землях, имеющих незначительную водоотдачу почвогрунтов ($K_{\phi} < 0,3$ м/сут), возможно снижение скважности дренажных труб. Проведенные в

институте «Средазгипроводхлопок» (Ф. В. Серебренников) теоретические проработки и лабораторные исследования по определению скважности дренажных труб дали следующие результаты: при диаметре 100 мм — 0,2%, 150 мм — 0,1% и 200 мм — 0,05%. Количество отверстий на 1 пог. м устанавливается по формуле

$$N = \frac{26,4}{d_{отв}},$$

где $d_{отв}$ — диаметр отверстий, см.
предельно допустимая длина звеньев труб — по формуле

$$L_n = \pi D_n \frac{100C}{46C + 12,2},$$

где L_n — наружный диаметр дренажной трубы, см.

C — ширина стыкового зазора, см.

В конструкциях дрен, построенных дренажниками БДМ-301А и ДЩ-301, пластмассовые гофрированные трубы имеют дырчатую перфорацию размером около 1,4 мм со скважностью 0,4—0,7%, равномерно распределенную по всей поверхности трубы. Такое расположение перфорации необходимо для приема грунтовых вод из образуемой зоны нависания вследствие недостаточности водоприемной поверхности фильтровой обсыпки. Аналогичную скважность и даже более (до 1—1,5%) САНИИРИ на основании данных натуральных наблюдений за работой дренажа рекомендует также для условий Хорезмской области, так как она способствует недонущению образования суффозионных скоростей при движении воды в фильтровой обсыпке и в самых дренируемых грунтах, представленных сведнезернистыми фракциями.

Фильтровая обсыпка увеличивает водоприемную поверхность дрены и предназначена для защиты дренируемых грунтов от суффозионных явлений, а трубчатой линии — от заиления. Сложность проектирования фильтров из сыпучих материалов заключается в простоте литологического строения территорий строительства дренажа. Часто одна и та же дренажная линия прорезает грунты с неодинаковыми водо-физическими свойствами, требующими для их защиты подбора фильтровой обсыпки различного гранулометрического состава.

Отсутствие конкретных рекомендаций по подбору гранулометрического состава для защиты лессовых грунтов отразилось на строительстве закрытого дренажа в Голодной степи, где подбор фракционного состава велся

путем применения смесей из разных карьеров и натуральных наблюдений на действующих дренажных системах. В табл. 39 приведены основные параметры применяемых материалов.

О техническом состоянии дрен в зависимости от материала фильтровой обсыпки можно судить по следующим данным:

Состояние	Шагал	Гравий	Песчано-гравийный
Удовлетворительное			
км	33,20	117,05	181,02
%	47,1	67,2	94,0
Неудовлетворительное			
км	18,86	34,9	5,19
%	26,8	20,0	2,6
Заиленное			
км	18,46	22,54	6,5
%	26,1	12,8	3,4
Итого, км	70,52	174,49	193,61

На опытно-производственных участках фильтровая обсыпка была однослойной или двухслойной, причем использовались материалы из нескольких карьеров в разных комбинациях.

По отношению к периметру трубы фильтр устраивался круговым и половинным, в последнем случае он прикрывался защитным слоем из толя или полиэтиленовой пленки.

Анализ механических составов фильтровой обсыпки, отобранных из дрен после 2—5 лет работы, показал, что количество мелких фракций у крупнозернистых неоднородных смесей недостаточно, в результате поры заполнялись суглинком, в верхней части фильтра образовывался глинобетон, нижняя часть заполнялась песком из основания траншеи. На основании исследований для Хорезмской области было предложено фильтровую обсыпку выполнять половинной из местного Джумуртаузского карьера, уложенной на естественное песчаное основание и прикрытой защитным слоем. Дрены такой конструкции достаточно устойчивы. Главное достоинство — большая экономия, так как используется местный карьер.

На основании наблюдений за работой дрен, а также благодаря анализу материалов Голодностепеоря, Средазгипроводхлопка САНИИРИ предложил в 1968 г. выделить две области устойчивого состава фильтровой обсыпки для защиты плавунных и устойчивых грунтов.

Для индустриализации строительства закрытого горизонтального дренажа рекомендуемый состав фильтра должен быть не просто зерновым, а оптимальным, так как сущест-

Таблица 39

Характерные параметры частиц фильтровых карьерных материалов, примененных в Голодной степи

Карьер	Параметры частиц			Коэффициент неоднородности D_w/D_0	Межслойный коэффициент
	D_{10}	D_{50}	D_{90}		
Чиназский шагал	0,16—0,2	8,2—23,0	10 0 28,6	62,5—113	150 460
Обручелский					
естественная смесь	1,57	9,9	26,1	16,8	200
отсортированная смесь	12,7	23,9	25,7	2,02	480
Джинзакский					
естественная смесь	0,3	8,4	12,96	43,1	157
отсортированная смесь	4,1	11,8	13,6	3,3	236
Агалмкский	0,21	1,19	1,59	7,4	36
Илансайский	0,296	1,82	2,2—2,6	7,75	24
Джуминский	0,27	1,2	2,4	8,9	24

вующие способы строительства дренажа не позволяют уложить фильтр одного и того же состава даже по одной трассе дрен. Кроме того, естественные запасы карьеров имеют неоднородный механический состав, а с внедрением керамических дренажных раструбных и пластмассовых труб размеры водоприемных отверстий стандартны.

Границы областей — две наиболее опасные контактные зоны работы фильтра: фильтр — перфорация дренажных труб и фильтр — защищаемый грунт. Первая контактная зона подбирается из условия сохранения ламинарного режима фильтрации (Н. Н. Павловский, П. Я. Полубаринова-Кочина и др.) с использованием методики СевНИИГиМ.

Для защиты лессовых грунтов, значительно теряющих при водонасыщении связность (Н. А. Денисов, Е. Д. Рождественский, Х. А. Аскарлов и др.), гранулометрический состав фильтра определяется по методике ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева с использованием расчетной формулы А. Н. Патрашева:

$$d_{cl} = \frac{l}{\gamma_0 \sqrt{\frac{mg}{V \cdot K_r}}}$$

Для защиты глинистых грунтов расчет производят по методике ВОДГЕО (В. С. Истоминна) и ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева с использованием расчетной формулы Г. Х. Праведного:

$$D_0 = \sqrt{\frac{0,34}{l \pm 1}}$$

для определения градиента напора в защищаемом грунте рекомендуется следующая формула:

$$l = \frac{Q}{P \cdot K_r \cdot 100}$$

где D_0 — средний гидравлический диаметр пор фильтрового материала,

d_{cl} — диаметр сводообразующих частиц грунта,

m — пористость грунта,

K_r — коэффициент фильтрации грунта,

g — ускорение силы тяжести,

V — коэффициент кинематической вязкости воды,

p — площадь периметра фильтровой обсыпки, принимающая приток грунтовой воды объемом Q .

Наблюдается хорошая сходимость полевых рекомендаций с теоретическими, это позволило расширить рекомендованные ранее области, причем первая область применима и для защиты грунтов второй области.

Водопроницаемость фильтра следует проверять по рекомендуемому Средазгипроводхозом соотношению $K_\phi/K_r \geq 10$.

В различных районах СССР в качестве фильтров применяются искусственные волокнистые материалы. В Узбекистане распространения они пока не получили. Но необходимо отметить, что в 1964 г. на территории совхоза № 6 (Голодная степь) была заложена опытная дрена с фильтром из стекломатов Чирчикского завода. При вскрытии этой дрены, проведенном СЛНИИРИ в 1969 г., установлено, что заиливания дренажных труб не произошло. Стекломаты находятся в хо-

рошем состоянии и не закольматированы. Только под действием минерализованных грунтовых вод они выцвели за счет разложения фенольной смолы. Но стекломаты уплотнились примерно в 2—2,5 раза и несколько потеряли фильтрационные свойства. Однако остаточная водопроницаемость стекломатов в десятки раз превышает фильтрационные свойства дренируемых грунтов, поэтому они могут найти применение в условиях Узбекистана.

Защитный слой укладывается на фильтр и выполняется из полиэтиленовой пленки, толя или других материалов. Задача защитного слоя — предохранение от кольматации фильтровой обсыпки (или ее уменьшение) и от заиления дренажной линии. На наддренных полосах защитный слой обязательно должен заделываться в грунт материнской породы, так как на контакте защитного слоя с фильтром могут создаваться сосредоточенные суффозионные токи, которые кольматируют фильтр и заиляют трубы.

От качества укладки и степени плотности профиля грунтов обратной засыпки во многом зависят состояние, работоспособность и срок службы дренажных линий, а также возможность увеличения КЗИ территории путем освоения наддренных полос. Водопроницаемость почвогрунтов обратной засыпки должна быть одинакова или несколько ниже грунтов естественного сложения. В противном случае будут наблюдаться всевозможные деформации как в самом теле обратной засыпки (образование просадок, свищей, суффозионных воронок, тоннелей и т. д.), так и в конструкции водоприемной части (кольматация фильтра, заиление трубчатой линии) в связи с тем, что водоприемные части подбираются на основании воднофизических свойств почвогрунтов естественного сложения.

Исследованиями САНИИРИ в совхозе № 6 в Голодной степи установлена зависимость водопроницаемости обратной засыпки от способа и условий строительства: при траншейном способе строительства на целинных землях водопроницаемость составляет 3—5 м/сут, при полумеханизированном способе устройства дренажа при уровне грунтовых вод ниже дна заложения дрены 1,5—2,5, а выше — соответственно 0,4—0,6 м/сут.

В условиях высокого стояния уровня грунтовых вод за счет капиллярного подпитывания окружающей орошаемой территории, а также природных факторов профиль обратной засыпки естественно самоуплотняется.

Обычно вертикальный коэффициент фильтрации толщи обратной засыпки через 1—3 года после строительства дрены достигает тех же величин, что и у почвогрунтов с ненарушенной структурой, и появляется возможность освоения наддренных полос (аналогичные данные получены в Хорезмской и Ферганской областях).

Процесс самоуплотнения обратной засыпки закрытых дрен, построенных дренажниками на целинных землях, при глубоком положении грунтовых вод протекает крайне медленно и неравномерно как по профилю, так и по длине дренажной линии. В процессе орошения, как показали исследования Средазгирипроводхлопка и САНИИРИ, около 5—10% общей протяженности построенных дрен выходят из строя, поэтому необходимо проводить искусственное уплотнение.

САНИИРИ разработал эффективный способ уплотнения обратной засыпки методом комбинированной замочки. Сущность метода заключается в следующем. После окончания строительства в дренаж, один конец которой наглухо закрыт, через колодец подается оросительная вода. После того как заполнится трубчатая линия и вода по капиллярам почвы поднимется на высоту 0,3—0,4 м над фильтровой обсыпкой, начинается подача воды и сверху, на поверхность наддренной полосы. Таким образом промачивается и самоуплотняется весь профиль обсыпки. На 1 пог. м дрены в зависимости от категории и влажности грунтов расходуется около 2—3 м³ воды. Стоимость уплотнения 1 пог. м дрены составляет 0,42—0,46 руб.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОТКРЫТОГО И ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Мелноративная система на орошаемых землях состоит из следующих основных элементов: открытые магистральные коллекторы, межхозяйственные коллекторы (редко встречаются закрытые), дренажная сеть (открытая или закрытая) внутрихозяйственного значения.

Строительство открытых коллекторов выполняется обычно с помощью «Драглайнов». Емкость ковша составляет 0,8—1,25 м³; такие крупные коллекторы, как Центральный Голоднестепский, разрабатывались шагающими экскаваторами. Выемка грунта ведется продольно-осевой проходкой с двух сторон с выбросом его в отвал. Отвалы, как правило, разравниваются бульдозерами. Параметры открытых коллекторов:



Дреноукладчик ЭД-30 в работе.

средняя глубина от 5 до 12 м и более; заложение откосов от 1:1 до 1:2,5; ширина по дну от 1—2 до 5—6 м и более в зависимости от собираемого расхода.

Коллекторы, особенно межхозяйственные, имеют, как правило, большие поперечные сечения, весьма значительную протяженность, измеряемую десятками, а иногда и сотнями километров, и сложные условия производства работ (большая ширина разработки с учетом отвалов 100—300 м, заболоченность территории и т. д.). Выполнение в таких условиях земляных работ, исчисляемых миллионами кубометров, — технически и организационно весьма сложная и дорогостоящая задача, однако ее решение предопределяет мелiorативное благополучие значительных орошаемых площадей — от 10 до 60 тыс. га и более.

В качестве примера приведем Хорезмскую область. До строительства в 1946—1953 гг. Дарьялыкского и в 1953—1960 гг. Озерно-Уравнительного коллектора, обеспечивших отвод избыточных грунтовых вод за пределы оазиса, урожайность хлопчатника по области составляла 8—10 ц/га. После их строительства урожайность резко повысилась и к 1960—1964 гг. достигла рекордной по тому времени величины — 30—40 ц/га. Подобные примеры можно привести по Ферганской долине (коллекторы Сары-Джура, Ачикульский) и по Голодной степи (коллектор Шурузяк).

На строительстве дрен в связи с тем, что глубина их обычно не превышает 3,5 м, а гидрогеологические условия бывают очень тяжелыми, используются механизмы средней мощности или болотные экскаваторы.

Опытные участки закрытого дренажа выполнялись с применением больших объемов ручного труда. Поэтому, когда было решено

осваивать Голодную степь с применением закрытого горизонтального дренажа, методы, технология и вопросы механизации строительства оказались нерешенными. С развитием закрытого дренажа проектные, строительные и научно-исследовательские организации в 1957—1965 гг. занимались исследованиями вопросов, связанных с механизацией этих работ.

В результате поисков установлено, что в сухих (влажных) грунтах при глубине залегания грунтовых вод 4,5 м и более строительство закрытого горизонтального дренажа можно осуществлять с помощью дреноукладочного комбайна, а при более высоком положении уровня грунтовых вод в условиях орошающих грунтов следует переходить на строительство полумеханизированным способом, который примерно в 2 раза дороже механизированного.

Глубина первичных дрен в обоих случаях одинакова, 3—3,5 м. В первом случае дреноукладчик делает последовательные операции, обеспечивающие строительство дрен из керамических труб с обсыпкой фильтровым материалом из песчано-гравийной смеси. Для создания дрены глубже 3 м не только выравнивается поверхность трассы, но и устраивается корыто глубиной 0,5 м и глубже.

Дреноукладчик создан коллективом строителей Голодноестепстроя в 1958 г., а затем в содружестве с другими организациями модернизирован (САНИИРИ, ГСКБ по ирригации). Окончательная доработка проведена в 1965 г. После вспомогательного комплекса работ дреноукладчик одновременно производит следующие операции, связанные со строительством дренажа:

рытье дренажной траншеи глубиной до 3 м с шириной в зависимости от диаметра труб 0,5—0,8 м,

укладка дренажных труб диаметром от 100 до 300 мм при длине 500—600 мм (дреноукладчик может укладывать трубы, как гладкие, так и раструбные),

устройство подстилающего и защитного слоя фильтра (круговая обсыпка труб) при толщине слоя в 10—20 см.

Дреноукладочный комбайн создан на базе серийного траншейного экскаватора ЭТУ-353-354. К экскаватору прицепляется или навешивается бункер, посредством которого укладываются фильтр и трубы. Бункер дреноукладчика разделен на три отсека; внутри них проходит трубопровод. В трубопроводе устроены радиально направляющие полозья, по которым трубы поступают в отрытую траншею.

Первый отсек бункера предназначен для приема фильтра для подстилающего слоя; второй — контрольный (здесь производится проверка, поправка стыков труб и контролируется равномерность укладки подстилающего слоя фильтра); третий служит для приема фильтра защитного слоя. В отсеке имеется заслонка для регулирования толщины защитного слоя фильтра. Бункер имеет колесный или гусеничный ход. К экскаватору бункер прицепляется тягами или навешивается и удерживается при помощи упорных рам и трособлочной системы.

Дреноукладчик навесного типа отличается от прицепного тем, что не нуждается в дополнительном оборудовании краном в начале и при окончании работ для подъема бункера из траншеи и в дополнительных транспортных средствах для его перевозки. Бункер его с экскаватором связан шарнирно и при движении экскаватора передвигается вместе с ним. Предпочтение обычно отдается дреноукладчикам навесного типа.

Дреноукладчик, обладая мощностью 54—75 л. с., при производительности 150—200 м/смену и 4 обслуживающих выполняет строительство дрен глубиной 3,0 м и шириной 0,5—0,8 м.

Обратную засыпку производят землеройными механизмами (бульдозером) послойно, причем первый слой, чтобы не нарушить дренажные трубы, отсыпается вручную. Грунт в траншее уплотняется способом комбинированной замочки (обратной), а наддренной полосы — гусеницами механизмов.

Укладка горизонтального дренажа полумеханизированным способом (метод полки)

Строительство открытой дрены трапецидального сечения выполняется одноковшовым экскаватором с рабочим оборудованием «Драглайн», с емкостью ковша 0,35—0,5 м³. Дрена выполняется экскаватором в два прохода, при одном из которых устраивается рабочий откос $m=1:1$ или $1:1,5$, где закладывается дренажная траншея. Со стороны рабочего откоса делается берма шириной не менее 5 м для прохода автотранспорта, транспортирующего дренажный фильтр и трубы.

В рабочем откосе на высоте 0,3 м от дна открытой дрены устраивается вручную траншея, в которую закладываются дренажный фильтр и трубы (технология строительства разработана В. А. Духовным и Г. Н. Бастевым). Эту операцию осуществляет бригада

рабочих. Фильтр, подвешенный на берму траншеи, на трассу дрены подается вручную (посредством желоба) с последующим выравниванием. После окончания укладки подстилающего слоя фильтра, дренажных труб и кровного слоя фильтра производится присыпка дрены слоем грунта толщиной 0,3—0,5 м. Обратная засыпка дрены производится так же, как и при механизированном способе, но делать ее необходимо со стороны противоположной рабочему откосу, чтобы не нарушить целостности дренажной линии. Если появляется вода в открытой дрене, засыпку необходимо начать с устья, чтобы засыпаемый грунт перемещивался с подой. Этим создаются условия для лучшего уплотнения наддренной полосы, которое осуществляется гусеницами механизмов.

Описанные конструкции дрен и технология строительства повсеместно применялись при строительстве горизонтального дренажа в Голодной, Шерабадской и Каршинской степях и других областях республик Средней Азии. Однако сложность и дороговизна строительства дрен при высоком стоянии уровня грунтовых вод послужили причиной поиска более экономичных способов строительства дренажа в мокрых грунтах и более прогрессивных конструкций.

С 1964 г. в Голодной степи ВНИИГиМ, Голодноостепстрой, Средазгипроводхлопок и САНИИРИ проводили опыты по бестраншейному и щелевому устройству дренажа. К их строительству приступили в 1969 г. На отведенных участках совхозов «Нахтакор», № 7, 18 и 26 сотрудники ВНИИГиМ построили около 5 км закрытых дрен. После отработки технологии производства работ трест «Дренажстрой» Голодноостепстрой в 1970 г. приступил к массовому строительству закрытых пластмассовых дрен бестраншейным способом.

Укладка дренажных труб производилась первоначально дренером с пасениным режущим органом на глубину до 3 м. Дренер приводился в движение при помощи 1—2 тракторов марки ДЭТ-250 мощностью по 250 л. с., а в качестве дренажных применялись полимерные трубы диаметром от 63 до 75 мм с круговой перфорацией и фильтром из капроновой ткани, которая наматывалась на трубу в нахлестку. Намотка капроновой ткани производилась на намоточных станках конструкции ВНИИГиМ и Голодноостепстрой. Обсыпка фильтра песчано-гравийной смесью не предусматривалась. В 1970 г. с помощью бестраншейного дреноукладчика построено 200 км дренажных линий.



Бестраншейный дреоукладчик БДМ-301-А в работе.

Подготовительные работы и технология их по этапам (подготовка трассы, устройство корыта и т. д.) при строительстве дренажа бестраншейным дреоукладчиком одинаковы с описанными при механизированной укладке дрен обычными дреоукладчиками. Первые результаты показали высокую производительность бестраншейного дреоукладчика и его экономичность, однако мелиоративная эффективность дренажа подобной конструкции оказалась недостаточной.

Уплотнение грунта, вепарываемого одноярусным пассивным рабочим органом (ножом), на глубине 3,0 м оказалось столь значительным, что фильтрационные свойства нарушались надолго. Кроме того, капроновая ткань, обладающая малой водопроводимостью, и маленький диаметр дрен (7,5 см)

обуславливали необходимость значительного сгущения дренажных линий. Ввиду этого ВНИИГиМ и Голодностепстрой (В. И. Буравцев, В. А. Духовный, Е. Д. Томин и др.) разработали другую модель бестраншейного дреоукладчика, в которой одноступенчатый нож был заменен трехступенчатым, не дающим сильного уплотнения грунта. Рабочий орган был снабжен бункером для укладки вокруг гофрированной трубы расчетно-гравийной обсыпки размером 20×30 см.

Испытания этой конструкции и технологии укладки показали хорошие результаты (табл. 40). Обладая высокой производительностью (250 кг/год) и экономичностью, эта конструкция оказалась устойчивой, надежной и обеспечивала при междренних 50 м дренажный модуль 0,15—0,25 л/с/га. На всех участках, где построены бестраншейный дренаж, поддерживается водно-солевой режим почвогрунтов, благоприятный для развития сельскохозяйственных культур.

Таким образом, мелиораторы получили на вооружение достаточно совершенную машину, способную ликвидировать отставание в строительстве дренажных систем.

Исследования по усовершенствованию конструкции бестраншейного дреоукладчика (многоярусные ножи, витые пластмассовые трубы со стекловолоконистой фильтровой обмоткой) позволяют надеяться, что появится новая, более совершенная, более производительная и экономичная машина, способная строить 500—700 км дрен в год.

Таблица 40

Основные технико-экономические показатели способов строительства

Показатель	Способ строительства		
	полумеханизированный	бестраншейный	
		с песчано-гравийным фильтром	с тканевым фильтром
Годовая выработка одного комплекта машин, км	12,6	250	375
Стоимость комплекта машин, тыс. руб.	24,7	365,2	353,7
Суммарная мощность, квт	250	600	2360
Общая масса, т	43	495	480
Количество машин в комплекте, шт.	4	29	26
Количество рабочих, занятых в технологическом процессе, чел.	18	68	62
Уровень комплексной механизации работ, %	61	96,5	98,0
Производительность труда, пог. м чел. день	3,9	29,4	43,5
Удельная энергоемкость процессов, квт ч пог. м	28,6	10,4	7,0
Удельная металлоемкость, кг пог. м	3,42	1,98	1,28
Сметная стоимость 1 пог. м дрен, руб.	16,25	4,62	4,40
Годовой экономический эффект одного комплекта, тыс. руб.	—	912	1510

Сооружения на закрытых дренах

К сооружениям на закрытых дренах относятся контрольно-смотровые колодцы и соединяющее устьевое устройство между дренами и коллекторами. В процессе освоения Голодной степи неоднократно совершенствовались конструкции контрольно-смотровых колодцев, сооруженных из метровых железобетонных колец, которые устанавливались на железобетонной плите с помощью крана. Разработан колодец из монолитного железобетона высотой до 3,0 м. Верх колодца должен выступать над поверхностью земли не более чем на 0,5 м и закрываться крышкой-сеткой.

При устройстве устьевых сооружений в подготовленную трапециевидную траншею длиной 32—50 м укладываются асбоцементные трубы длиной по 3—4 м. Соединяются они вручную муфтами с уплотненными кольцами, после чего засыпаются грунтом с тщательным уплотнением. На выходе труба консольно выпускается на длину 0,5—1,5 м с таким расчетом, чтобы низ был выше нормального горизонта воды в коллекторе не менее чем на 0,2 м. Для предотвращения размыва откоса коллектора в месте падения струи укладывают железобетонную плиту размером 1,0×1,0 м или производят отсыпку камнем.

МЕЛИОРАТИВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКРЫТОГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Более чем 40-летние наблюдения за дренажем засоленных земель ЦОМС показали, что мелиоративный эффект зависит в основном от природных факторов, изменяющихся сравнительно медленно, и достигается в процессе длительной его эксплуатации с проведением комплекса агромероприятий. Это связано не только с особенностями почвогрунтов как объекта мелиорации, но и с обеспечением надежной работы дренажной системы, выполнением комплекса последовательных агротехнических и агромероприятий (планировка, промывка почвы, режим орошения, севообороты, удобрения, обработки, а в некоторых случаях и химические добавки мелиорантов, культуры-освонтели). Поэтому нельзя считать, что строительство дренажа само по себе достаточно для мелиорации засоленных земель. Дренаж обеспечивает главное — необходимую дренированность, без которой все остальные мероприятия не могут дать надлежащего эффекта.

Наблюдения и исследования ВНИИГиМ, МГМИ, САНИИРИ, Узгипроводхоза, Средаз-

гипроводхоза и ряда других институтов и органов эксплуатации на дренажных системах, заложенных 10—15 лет назад в различных зонах республики, позволили подтвердить основные теоретические положения, уточнить расчетные параметры дренажа и обосновать экономическую целесообразность его внедрения на определенных территориях.

Наиболее обширный материал комплексных исследований получен на опытно-производственных участках в колхозе «Большевик» Алтыарыкского района Ферганской области (1960—1973 гг.) и «Правда» Янгйарыкского района Хорезмской области (1966—1973 гг.), а также на территории крупного совхоза № 6 в новой зоне орошения Голодной степи (1967—1972 гг.).

Исследованиями были охвачены следующие основные вопросы:

обоснование необходимости детальных почвенно-гидрогеологических изысканий при проектировании совершенных систем закрытого горизонтального дренажа,

режим грунтовых вод и пьезометрических напоров в естественных условиях (до строительства системы дренажа),

динамика уровней грунтовых вод и пьезометрических напоров в зоне влияния дренажа (установка гидродинамических схем работы дренажных линий),

динамика влажности почвогрунтов в зоне аэрации в процессе промывок и вегетационных поливов,

дренажные расходы, стоки и динамика дренажных модулей,

техническое состояние коллекторно-дренажной сети,

режим минерализации и химический состав оросительных, дренажных и грунтовых вод,

структура водного баланса и солевого режима почвогрунтов,

рассоляющее действие горизонтального дренажа под влиянием вегетационных поливов и промывок,

техничко-экономические показатели закрытого дренажа и др.

Основные итоги исследований закрытого горизонтального дренажа на орошаемых массивах республики приведены в табл. 41.

Опытно-производственный участок в Ферганской области

Участок площадью 350 га находится на северо-западе периферийной части конусов выноса (Маргиланская и Файзнабадская), в зоне расселения со слабообеспеченным под-

Условия проведения опытов и основные результаты исследований по установлению

Основные естественные показатели и установленные расчетные параметры дренажа	Ферганская область, участки в колхозах „Большевик“ и „Совет“ Алтмарьинского района	Хорезмская область, участки в колхозе „Привал“ Янгмарьинского района
<p>Валовая площадь, га Уклоны поверхности участков</p>	<p align="center">350 Наибольш. на С-3; 0,0021—0,003 Наименьш. на Ю-3; 0,0002—0,0003</p>	<p align="center">303,7 —0,0002 —0,001</p>
<p>Литология</p>	<p>Средние, местами тяжелые суглинки с шохлыми прослойками на глубине 0,7—1,2 м. Ниже тяжелые суглинки с прослоями супесей, песка и глины</p>	<p>Сверху суглинистая толща мощностью 1,5—2,5 м; ниже до глубины 10 м простираются серые пески, которые, в свою очередь, подстилаются красными тонкозернистыми песками мощностью 40—50 м</p>
<p>Естественная дренарованность (обеспеченность оттоком грунтовых вод)</p>	<p>Естественно слабодренарованная зона</p>	<p>Естественно очень слабодренарованная зона</p>
<p>Условия работы дренажа (слоистость, положение водоупора)</p>	<p>Многослойная среда, водоупор бесконечно удален</p>	<p>Многослойная среда, водоупор на глубине 60—70 м</p>
<p>Режим работы дренажа (напорность)</p>	<p>Слабонапорный</p>	<p>Слабонапорный</p>
<p>Естественный режим грунтовых вод: в период вегетации, перед промывками; в период промывок; после промывки до первого полива, м Виды почв</p>	<p>На орошаемых полях 1,2—1,6; 2,3—3,0; 1,0—1,2; 1,8—2,5 На неорошаемых полях 2,0—2,5; 3,0—3,5; 1,8—2,5; 2,4—2,6 Луговые и лугово-болотные</p>	<p>В период промывок 0,0—1,3 м, в вегетацию 1,5—2,0 м, в невегетационный период 2,0—2,6 м Луговые</p>
<p>Коэффициент фильтрации почвогрунтов зоны аэрации, м/сут</p>	<p>0,2—2,0</p>	<p>У верхнего суглинистого слоя 0,15—0,10, серых песков 19,0; красных песков — 1—3 8,8</p>
<p>Минерализация грунтовых вод до строительства дренажа, г/л Тип минерализации грунтовых вод</p>	<p>На неорошаемых землях 15—21 На орошаемых землях 4—8 Сульфатный, реже карбонатно-сульфатный</p>	<p>Сульфатный</p>
<p>Степень засоления почвогрунтов до строительства дренажа Тип засоления</p>	<p>Сильнозасоленные и солончаки</p>	<p>Сильнозасоленные и солончаки</p>
<p>Глубина дрени, м Расстояние между дренами, м Длина дрени, км Удельная протяженность, м/га</p>	<p>Сульфатный, реже хлоридно-сульфатный 2,8—3,2 238—380 1,663—1,713 (всего 8,395) Общая 38,5, в том числе закрытый 21,2</p>	<p>Сульфатный 2—3 150—300 0,26—0,9 (всего 9,136) Общая 41, в том числе закрытый — 39</p>
<p>Материал и диаметры труб, мм</p>	<p>Асбоцементные, 141—189, длина звеньев 3—4 м</p>	<p>Асбоцементные 141—189, длина 3—4 м. Пескобетонные — 150, длина звеньев 0,8—1,0 м. Пескобетонные на глиноземистом цементе — 150, длина звеньев — 0,8 м. Керамические — 289, длина звеньев 1,0 м</p>
<p>Тип перфорации, ширина шланга (диаметр отверстий), мм</p>	<p>Круглая $d=8$ мм по 25—30 отверстий на 1 пог. м, скважность — 0,254—0,34%</p>	<p>Круглая $d=5-8$ мм, скважность 0,2—0,5%</p>
<p>Материал фильтровой обсыпки и толщина фильтра, см</p>	<p>Гравийно-песчаная бытовая смесь 15—20 см</p>	<p>1) Гравийно-песчаная смесь, 15—20 см; 2) двухслойный фильтр, 30—10 см; 3) однослойный фильтр из крупнозернистого песка, 5—10 см; 4) щебеночный фильтр в основании дренажной трубы 10—20 см</p>
<p>Средний дренажный модуль, л/с/га Поливные нормы при хозяйственном режиме орошения, м³/га</p>	<p>0,22 1500—1800</p>	<p>0,49 700—2500</p>
<p>Число поливов</p>	<p>3—4,5</p>	<p>3—4</p>
<p>Промывные нормы при хозяйственном освоении, тыс. м/га</p>	<p>2,5—3,0, реже 4,5—6,15</p>	<p>3—6</p>

Расчетных параметров на объектах закрытого горизонтального дренажа УзССР

Голодная степь, колхозный совхоз № 6

южная часть совхоза, первый опытно-производственный участок	центральная часть совхоза, второй опытно-производственный участок	северная часть совхоза, третий опытно-производственный участок
60	150	200
0,005	0,003	0,001
Сверху легкие, местами средние суглинки с прослойками гипса на глубине 0,5—1,0 м. Ниже до 23 м средние и тяжелые суглинки, реже глины с линзами песков. Водоупор — глина мощностью 4—5 м, появляется на глубинах более 20 м	Сверху легкие и средние суглинки с прослойками гипса на глубинах 0,8—1,0 м. Ниже толща представлена средними и легкими суглинками с прослойками тяжелых суглинков и супесей. Водоупор в виде глинистых слоев появляется с глубины 15—20 м	Средние, местами легкие суглинки. Гипсовая прослойка появляется на глубине 1,0—1,2 м. Ниже до глубины 8—12 м толща представлена песчаными легкими, средними и тяжелыми суглинками. Прослойки глины приняты за водоупор, появляются на глубинах 8—15 м
Естественно очень слабодренированная зона	Естественно слабодренированная зона	Естественно слабодренированная зона
Многослойная среда, водоупор в виде глинистой прослойки на глубине 30—35 м	Многослойная среда, местами водоупор (глины) на глубине 20—25 м	Многослойная среда, локальные водоупоры на глубинах 8—15 м
Слабонапорный, вызванный действием Южного Голодноостепского канала	Слабонапорный за счет вегетационных поливов	Слабонапорный за счет вегетационных поливов
Перед и после промывок и вегетационных поливов 2,6—3,0 м, в период вегетации 1,5—2,5 м	Перед и после промывок и вегетационных поливов 2,8—3,0. В период вегетации 1,8—2,3 м	Перед и после промывок и вегетационных поливов 2,8—3,0 м, в период вегетации 1,8—2,3 м
Луговые (гидроморфные и сероземно-луговые) 0,12—0,24	Сероземно-луговые 0,28—0,5	Сероземно-луговые 0,3—0,58
20—45	25—30	25—30
Сульфатно-натриевый	Сульфатно-хлоридные с повышенным содержанием натрия	Сульфатно-хлоридный с повышенным содержанием натрия
Сильнозасоленные и солончаки	Слабозасоленные, местами средние и сильнозасоленные	Слабозасоленные, местами среднезасоленные
Хлоридно-сульфатный, реже сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Хлоридно-сульфатный
2,5—3,0 90—100 0,8—1,0 102	2,6—3,5 100—120 1,0—1,2 75	2,8—4,0 160—180 1,2—1,3 42—45
Полиэтиленовые 100—150 с длиной звеньев 6—8 м. Асбоцементные 100—150 м, длина звеньев 3—4 м	Полиэтиленовые, гончарные и керамические 100—200. Длина звеньев керамических труб 0,33—0,6—1,0 м	Гончарные, керамические 100—150 мм, длина 0,33—1,0 м
Щелевая 100×3, шаг 300 мм, скважность 0,3—0,5%	Продольные щели, отверстия диаметром 5 мм, раструбные соединения, скважность 0,5—0,5%	Раструбные соединения, скважность 0,3%
Песчано-гравийная смесь, 10—15 см	Песчано-гравийная смесь, 10—15 см	Песчано-гравийная смесь, 10—20 см
0,12 980—2195	0,17 525—3040	0,16 886—3477
3—4 Эксплуатационные нормы 3, реже 5	2—3,5 2,5—3,0	2—5 3,0—3,5

Основные естественные показатели и установившиеся расчетные параметры дренажа	Ферганская область, участки в колхозах „Большевик“ и „Совет“ Алатмарьинского района	Хорезмская область, участок в колхозе „Правда“ Янгиларьинского района															
Режим грунтовых вод в междренних весной и осенью, мм	Промывной период (I—III) 0,8—1,2; вегетационный (VI—IX) 1,2—1,6; после вегетации до промывок (X—XII) 2,4—2,8; после промывки до вегетации (IV—VI) 1,8—2,3	Промывной период (III) 0—1,3, вегетационный (VI—IX) 1,5—2,0; после вегетации до промывок 2,0—2,6 м															
Рекомендуемая глубина грунтовых вод на период вегетации, м Рабочий напор, м Изменение минерализации грунтовых и дренажных вод за период исследований, г/л	Критическая 2,0—2,2, рекомендуемая 1,5—2,0 1,0—1,5 За 10 лет опреснились грунт. воды с 9,03 до 4,85, в т. ч. по хлору с 0,245 до 0,075, дренажные воды с 6,11 до 4,017, в т. ч. по хлору с 0,167 до 0,07 Карбонатно-сульфатный	Критическая 2,0—2,8, рекомендуемая 1,8—2,0 0,5—1,0 За 3,5 года работы дренажа минерализация грунтовых вод снизилась с 8,8 до 3,5															
Тип минерализации грунтовых и дренажных вод Скорость снижения грунтовых вод, см/сут Скорость спада грунтовых вод в период поливов и промывок, см/сут Степень засоления почвогрунтов	1,5—3,5; продолжительность спада 40—60 сут. 4—5 Слабая и средняя	Сульфатный 10—20; продолжительность спада 5—10 сут. 10—20 Незасоленные и слабозасоленные, местами средnezасоленные															
Объем вынесенных солей за год, т/га	36,6	16,0															
Затраты воды на вынос 1 т солей, м ³	150	260															
Рекомендуемый дренажный модуль л/сек/га (за вегетацию, в период промывок)	0,25 0,35	0,4—0,5 1,2															
Рекомендуемые нормы поливов, м ³ /га	№ 1—1500, № 2—1800, № 3—1500, № 4—1200, всего 6000	№ 1—1500, № 2—1500, № 3—1500, № 4—1500, всего 6000															
Рекомендуемые нормы промывок, тыс. м ³ /га (слабозасоленных, средnezасоленных, сильнозасоленных земель и солончаков)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Легкосуг. лин.</th> <th>Средне-суглин. почвы</th> <th>Тяжелосуглин.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,5</td> <td>2,0</td> <td>3,0</td> </tr> <tr> <td>2,5</td> <td>4,0</td> <td>6,0</td> </tr> <tr> <td>4,0</td> <td>8,0</td> <td>16,0</td> </tr> <tr> <td>6,0</td> <td>12,0</td> <td>24,0</td> </tr> </tbody> </table>	Легкосуг. лин.	Средне-суглин. почвы	Тяжелосуглин.	1,5	2,0	3,0	2,5	4,0	6,0	4,0	8,0	16,0	6,0	12,0	24,0	Слабозасоленные — 3000, средnezасолен. — 5000, сильнозасолен. — 6300, солончаки — 7500
Легкосуг. лин.	Средне-суглин. почвы	Тяжелосуглин.															
1,5	2,0	3,0															
2,5	4,0	6,0															
4,0	8,0	16,0															
6,0	12,0	24,0															
Глубина заложения дрен, м Коэффициент фильтрации, м/сут	3,0—3,5 K < 1,0 (слабая водопроницаемость) K = 2,0 (средняя водопроницаемость) K > 2,0 (высокая водопроницаемость)	2,5—3,0															
Междренние расстояния, мм Диаметр дрен, мм	150—171 200—250 250—300 Верхние (500 м длины) 150 200 250 (далее по расчету)	200—300 Верхние (200 м длины) 150 (далее по расчету)															
Рекомендуемая фильтровая обсыпка и ее толщина, см	Бытовая гравийно-песчаная смесь с содержанием фракций 5—20 мм до 10%, 0,25—5 мм 30—85%, 0,25 мм не более 7%	Гравийно-песчаная обсыпка в основании трубы толщиной 10—15 см. Диаметр фракций гравия, щебня 0,5—2 м															
Рекомендуемый год сельскохозяйственного освоения надренных полей, годы	III 3—5	IIIa 2															
Продолжительность мелiorативного периода, годы	6—7	3—4															
Срок окупаемости, годы	5—6	3—4															
Размеры годового экономического эффекта от внедрения закрытого дренажа на 1 га, руб.	380	482—515															

Головная степь, хлопковый совхоз № 6

южная часть совхоза, первый опытно-производственный участок	центральная часть совхоза, второй опытно-производственный участок	северная часть совхоза, третий опытно-производственный участок
<p>В период капитальных промывок 0,1—0,2; в экспл. пром. период (I—III) 1,8—2,0; в вегетационный (VI—IX) 2,4—2,5; после вегетац. до экспл. промывок (X—XII) 2,5—3,0. После капит. и экспл. до вегетации (XI—IV) 2,0—2,4</p>	<p>В период эксплуатационных промывок (I—III) 1,8—2,2; вегетац. (VI—IX) 2,4—2,6; после вегетации до экспл. пром. (X—XII) 3,0—3,5. После экспл. пром. до вегетации (I—IV) 2,2—2,4</p>	<p>В период экспл. промывок (I—III) 1,6—2,0; вегетац. (VI—IX) 2,2—2,4; после вегетац. до экспл. пром. (X—XII) 3,2—3,8, после экспл. пром. до вегетации (I—IV) 2,0—2,4</p>
<p>Критическая 2,4—2,5, рекомендуемая 2,5—2,8 0,8—1,0</p>	<p>Критическая 2,4—2,5, рекомендуемая 2,5—2,6 0,4—0,5</p>	<p>Критическая 2,4—2,5, рекомендуемая 2,4—2,5 0,2—0,4</p>
<p>За 9 лет опреснились грунтовые воды с 20—45 до 15—19; дренажные воды с 44,8 до 16,1</p>	<p>За 9 лет опреснились грунт. воды с 25—30 до 11—11,2; дренажные воды с 26 до 9,1</p>	<p>За 8 лет опреснились грунтовыми воды с 25—30 до 12—16; дренажные воды с 19,8—12,1</p>
<p>Сульфатно-натриевый</p>	<p>Сульфатно-натриевый</p>	<p>Сульфатно-натриевый</p>
<p>4,0—6,2; продолжительность спада 40—50 сут. 12—16</p>	<p>5—9; продолжительность спада 35—45 сут. 8—13</p>	<p>3—6; продолжительность спада 50—65 сут. 6—12</p>
<p>Слабая, местами средняя</p>	<p>Незасоленная и слабая</p>	<p>Незасоленная и слабая</p>
<p>46,6</p>	<p>14,2</p>	<p>17,0</p>
<p>105—140</p>	<p>122—144</p>	<p>135—160</p>
<p>Сред. 0,35 Сред. 0,6—0,7</p>	<p>Сред. 0,26 Сред. 0,4—0,6</p>	<p>Сред. 0,26 Сред. 0,4—0,6</p>
Для эксплуатационного периода		
<p>№ 01 экспл. пром. — 3500, № 1 — 900, № 2 — 1000, № 3 — 900, всего 6300 Слабозасоленные — 10300, среднезасоленн. — 17200, сильнозасоленн. — 38600, солончаки — 44000</p>	<p>№ 01 экспл. пром. — 3000, № 1 — 800, № 2 — 2000, № 3 — 900, всего 5700 Слабозасоленные — 5660, среднезасоленн. — 13400, сильнозасоленн. — 29300, солончаки — 32000</p>	<p>№ 01 экспл. пром. — 3000, № 1 — 800, № 2 — 1000, № 3 — 900, всего 5700 Слабозасоленные — 4570, среднезасоленн. — 11200, сильнозасоленн. — 26000, солончаки — 28000</p>
<p>2,8—3,5 K=0,1—0,24</p>	<p>3,0—3,5 K=0,5—0,6</p>	<p>3,0—3,5 K=0,5—0,6</p>
<p>90—100 100—200 (в зависимости от длины дрены)</p>	<p>100—120 100—200 (в зависимости от длины дрены)</p>	<p>160—180 100—150 (в зависимости от длины дрены)</p>
<p>Песчано-гравийная смесь D₁₀ — 0,15—0,3 мм D₂₀ — 1,0—2,0 мм D₆₀ — 1,4—2,5 мм Коэффициент неоднородности 7—10, стекломаты Через 1—2</p>	<p>Песчано-гравийная смесь D₁₀ — 0,15—0,3 мм D₂₀ — 1,0—2,0 мм D₆₀ — 1,4—2,5 мм Коэффициент неоднородности 7—10, стекломаты Через 1—2</p>	<p>Песчано-гравийная смесь D₁₀ — 0,15—0,30 мм D₂₀ — 1,0—2,0 мм D₆₀ — 1,4—2,5 мм Коэффициент неоднородности — 7—10, стекломаты Через 2—3</p>
<p>8—10</p>	<p>6—8</p>	<p>6—8</p>
<p>6—8</p>	<p>5—6 409—669</p>	<p>5—6</p>

земным оттоком минерализованных (10—25 г/л) грунтовых вод, высокого первичного сульфатного типа засоления почвогрунтов. До освоения опытный участок представлял собой типичные для целинной части Центральной Ферганы луговые, пухлые и корковые солончаки и в различной степени засоленные почвы, покрытые густыми зарослями камыша. Местами имелись заболоченные участки. Запасы солей в верхних почвенных горизонтах достигали 5% веса сухой почвы (в. с. п.), в том числе 0,8% по Cl' .

Наблюдения показали, что система закрытых дрен работала в течение 14 лет вполне удовлетворительно, создав и поддерживая относительно благоприятный режим грунтовых вод, что обеспечило повышение урожайности хлопчатника с 10,3 (1960 г.) до 26,4 (1971 г.) ц/га.

Как показывает сопоставление по годам величины засоления почвогрунтов зоны аэрации, опреснение по хлору достигнуто повсеместно до 0,005—0,008% в. с. п. За первые 5 лет содержание плотного остатка в 3-метровом слое уменьшилось на 356 т/га (за последующие 7 лет всего на 60 т/га), или на 40% по отношению к исходному.

В период промывных и вегетационных поливов дренажные трубы, как правило, работают в напорном режиме; грунтовые воды на полях и уровень воды в смотровых колодцах начинают быстро подниматься — со скоростью 4—5 см/сут. Естественно, дренаж при междреньях более 250 м и малом диаметре труб не справлялся с отводом поступающих вод.

Скорость снижения уровня грунтовых вод и уровня воды в смотровых колодцах после окончания промывок или вегетационных поливов составляет лишь 2—2,5 см/сут. Поэтому для обеспечения своевременности сева и предотвращения возможностей реставрации засоления промывные поливы необходимо кончать не позднее 1 февраля, а дренаж закладывать на глубину не менее 2,8—3 м.

Напорный режим работы закрытых дрен в период вегетации не действует угнетающе на развитие хлопчатника, т. е. при существующем режиме орошения с поливными нормами около 1500 м³/га соленакпления в верхнем метровом слое не обнаруживается. Высокий уровень грунтовых вод обеспечивает удлинение межполивных периодов до 25—30 дней, сокращение числа поливов и, как следствие, позволяет снизить затраты оросительной воды на выращивание хлопчатника в 1,5—2 раза по сравнению с поливным режимом, рекомендованным СоюзНИИ.

Причина напорного режима работы закрытых дрен — большая их длина и недостаточный диаметр труб в нижней их части. Прямым сопоставлением эффективности междренний в 238 и 380 м по материалам наблюдений за работой закрытого дренажа и опытом освоения (хозяйствования) доказано, что междренные расстояния в 380 м явно завышены. Наибольшая урожайность (по 27—30 ц/га) достигается на полях, расположенных в междреньях шириной 250 м (южная половина участка).

Дренажный модуль колеблется в больших пределах — от 0,08 л/с с 1 га (осень) до 0,79 при промывках. Среднегодовой дренажный модуль изменяется от 0,18 до 0,30 л/с с 1 га. В балансе дренажем отводится 25—35% подподачи на территорию опытного участка.

Минерализация дренажной воды изменялась от 3,5 до 9,5 г/л по плотному остатку (среднее — 6,1 г/л) и установилась на уровне не более 4,0 г/л.

Режим грунтовых вод из-за недостаточной пропускной способности труб и большой ширины междренний весьма динамичен, средняя глубина их в период промывок — 0,8—1,0 м, а в период вегетационных поливов — 1,2—1,5. После окончания поливов или промывок уровень грунтовых вод снижается до 2,4 в середине междренья и до 2,8 м над осью дрены, т. е. остается небольшое подтопление труб. Минерализация верхнего слоя грунтовых вод снижается до 5,8 г/л.

Конструкция закрытых дрен оказалась вполне надежной — фильтровая обсыпка не закольматирована, а дренажные трубы, судя по расходам и прозрачности воды, работают хорошо. Благодаря замене открытых дрен закрытыми освоено 26 га земель, занятых ранее открытыми дренами и их отвалами, что составляет 8% общей площади. В этом заключается также экономический эффект закрытого дренажа.

Интенсивность рассоления почвогрунтов зависит от исходных запасов солей. В межполивные периоды в зависимости от продолжительности их и величины поливных норм наблюдается частичное восстановление запасов солей в зоне аэрации. Наибольшая интенсивность восстановления отмечена летом, но она ослабляется или подавляется вегетационными поливами. Соли в основном накапливаются между последним поливом и промывкой. В течение года наблюдается постепенное рассоление почвогрунтов, достигаемое в основном промывками.

Анализ, обобщение результатов многолетних исследований эффективности эксперимен-

тальной системы закрытого дренажа и сопоставление этих данных с показателями других опытных систем позволили дать следующие предложения, на которые следует ориентироваться при проектировании закрытого горизонтального дренажа для условий Центральной Ферганы.

1. Расчетная величина дренажного модуля при проектировании систем закрытого дренажа должна быть около 0,3 л/с/га.

2. Исходя из гидрогеологических и литологических условий территории Центральной Ферганы, которые определяют сравнительно медленный темп сработки уровня грунтовых вод, закладывать дрены следует на глубине около 3 м.

3. Рекомендуется применять следующие междренные расстояния и диаметры труб первичных закрытых дрен в зависимости от грунтов:

Грунт	Междреннее расстояние, м	Удельная проницаемость КДС, м/га	Диаметр труб, м
Тяжелосуглинистые (условия Федченковской станции)	150—175	60—70	150
Слоистые, в основном среднесуглинистые	200—250	45—50	200
Легкосуглинистые с супесчаными прослойками и супесями	300—350	33—35	250

4. При проектировании закрытых горизонтальных дрен их следует разбивать на расчетные участки длиной не более 500 м и подбирать диаметр дрен по расходу в конце расчетного участка.

5. Странительству закрытой дренажной системы должны предшествовать реконструкция оросительной сети, планировка поверхности поливных участков, высокий уровень агротехники, так как без этого закрытый дренаж не может дать надлежащего мелиоративного эффекта.

Для почвогрунтов Центральной Ферганы рекомендуются следующие поливные нормы (тыс. м³/га), в зависимости от степени засоления метрового слоя почвогрунтов по классификации СоюзНИИ:

Состав грунтов	Слабозасоленные	Среднезасоленные	Сильнозасоленные
Легкосуглинистые	1,5	2,5—4,0	4,0—5,5
Среднесуглинистые	2	4—6	8—10
Тяжелосуглинистые	3	6—8	16—20

Опытно-производственный участок в колхозе «Правда» Хорезмской области (исследования на участке велась М. С. Меришенским)

Успехи хлопкоробов Хорезмской области (урожайность более 35 ц/га) основаны на подаче больших (20—25 тыс. м³/га) оросительных норм, которые к 1980 г. необходимо сократить на 40%, для чего следует внедрить методы мелиорации с использованием современных способов дренирования, главным из которых является закрытый горизонтальный дренаж, обеспечивающих расселение земель по оптимальному поливному режиму (а не по промывному, как это практикуется в настоящее время). Поэтому чрезвычайно интереснее представляют опытно-производственные данные, полученные на участке исследования.

Территория участка площадью 303,7 га по климатическим, гидрогеологическим и приращению-хозяйственным условиям типична для значительной части территории области (300 тыс. га). Грунты участка представлены с поверхности суглинистыми аллювиальными отложениями мощностью 1,5—2,5 м, подстилаемыми 15-метровой толщиной серого песка; ниже находятся красные тонкозернистые пески, простирающиеся до глубины 60—70 м. Коэффициент фильтрации покровных отложений 0,14—0,4, серых песков — 19, красных — 1—3 м/сут.

Сооружение дренажной системы существенно повлияло на уровень грунтовых вод. В период промывных поливов он залегает на глубине 1,0—1,8 м, в невегетационный период — на 1,5—2,0 м, что на 0,3—0,7 м ниже по сравнению с окружающей территорией. Это обуславливает приток грунтовых и подземных вод с окружающей территории в размере 5,3 тыс. м³/га, т. е. создается дополнительная нагрузка на дренаж.

Скорость спада уровня грунтовых вод на территории участка после окончания промывных поливов — 10—20 см/сут по сравнению с 3—6 см/сут на недренированном участке.

Дренажный сток составляет 59,6% общего количества поступающей на территорию участка влаги. Среднегодовой дренажный модуль равен 0,47—0,5 л/с/га, в период промывок — 0,88—1,0 л/с/га. Минерализация дренажного стока колеблется от 1,5 до 5 г/л.

Искусственный дренаж при промывном режиме орошения активизирует водообмен и способствует опреснению грунтовых вод. Так, в течение 4 лет работы дренажа минерализация грунтовых вод снизилась с 8,8 до 3,5 г/л, затем практически не изменялась.

В отличие от недренированных земель с характерным для них нарастанием минерализации грунтовых вод с глубиной на территории участка она с глубиной уменьшается, что подтверждается показателем дренажного стока, который минерализован меньше верхних слоев грунтовых вод, а также отбором проб воды из кустов пьезометров.

Динамика солевого режима, по данным съемок, показывает на процесс расоления почвогрунтов во времени под влиянием промывок на фоне закрытого горизонтального дренажа. Запасы солей в метровой толще почвогрунтов на территории участка перед началом освоения (1967 г.) составили 1,5% по плотному остатку, а после 3 лет работы дренажа на фоне промывок и орошения уменьшились до 0,34% и с 0,53 до 0,036% в. с. п. по СІ.

Результаты натуральных наблюдений показывают, что при минерализации грунтовых вод менее 3 г/л соленакпления в 3-метровой толще почвогрунтов в невегетационный период не наблюдается, а для стабилизации соледержания необходима оросительная норма приблизительно в 8 тыс. м³/га. Это дает возможность после опреснения почвогрунтов и частично грунтовых вод отказаться от ежегодных весенних промывных поливов нормой 7—6 тыс. м³/га и ограничиться влагозарядковым поливом нормой 1,0—1,5 тыс. м³/га. Промывные поливы нормой 3 тыс. м³/га, по нашему мнению, следует проводить раз в 4 года. Это позволит значительно снизить величину годового водозабора.

О мелноративной эффективности закрытого горизонтального дренажа свидетельствует и рост КЗН, который в 1967 г. составлял 0,56 и в 1973 г. — 0,912. Урожайность хлопчатника с 10 ц/га в 1967 г. возросла до 40,9 в 1973 г.

Опытно-производственный участок в совхозе № 6 Голодной степи

Территория совхоза типична для значительной части юго-восточного, юго-западного и центрального массивов новой зоны орошения Голодной степи с общей площадью более 350 тыс. га. Литологический разрез в основном представлен (сверху вниз) легкими и средними супесями и суглинками и слабо-допроницаемыми глинистыми отложениями, вскрытыми в южной части территории совхоза на глубине более 20 м, в центральной — 15—20 м и в северной на глубине 8—15 м от поверхности. Средние коэффициенты фильтрации верхней 3-метровой толщи изменяются в пределах 0,24—0,58 м/сут. Освоение зе-

мель общей площадью 11,9 тыс. га с интенсивным орошением возделывания сельскохозяйственных культур вызвало коренные изменения в сложившемся водном и связанном с ним солевым режиме почвогрунтов. Наблюдался подъем сильноминерализованных (20—50 г/л) грунтовых вод и перераспределение водорастворимых солей из глубоких сильнозасоленных горизонтов (в 20-метровой толще содержание солей достигло 2,5—3 тыс. т). До 1967 г. строительство КДС отставало от освоения земель совхоза, что обусловило залегание уровня грунтовых вод на 60% территории хозяйства выше проектной нормы осушения.

Водный и солевой балансы складывались неблагоприятно. Подземный приток составлял 661 м³/га, 70—75% воды приходных статей баланса расходовалось на испарение и транспирацию, отток по существующей открытой КДС равнялся всего 12—13%. Это привело к катастрофическим темпам процессов вторичного засоления почв зоны аэрации. Так, в южной части совхоза, где отмечен наибольший подъем уровня грунтовых вод, в 3-метровой толще почвогрунтов запасы солей только по СІ достигли 36—72 т/га, или 0,09—0,17% от веса почвы. К 1967 г. площади совхоза с категорией сильного засоления, «вынавшие» из сельскохозяйственного оборота, составляли 2650 га.

Построенная в 1967—1972 гг. КДС протяженностью 823,8 км (73 м/га в среднем по совхозу), в том числе 711,9 м закрытых дрен, или 98% проектной мощности (в южной части удельная протяженность 90—100 м/га, в центральной 60—70 и в северной 43—45) позволила значительно понизить уровень грунтовых вод, увеличить отвод их за пределы хозяйства и создать емкость для проведения эксплуатационных и капитальных промывок. Средняя скорость спада уровня грунтовых вод после водоподачи составляет 5—7 см/сут, что в 2—3 раза больше, чем на недостаточно дренированных площадях. В 1972 г. на 85—90% валовой площади грунтовые воды залегают на глубине 2,5—3,0 м.

Одновременно со снижением уровня грунтовых вод на фоне работы дренажа под действием промывок и поливов шел процесс опреснения грунтовых вод. Так, если в 1966 г. преобладали грунтовые воды с сильной минерализацией (9,8 тыс. га, или 81,7% площади), то в 1972 г. они стали среднеминерализованными (5,8 тыс. га, или 48,4%) и слабоминерализованными (709 га, или 6%).

Установлено, что средневегетационный дренажный модуль 0,2—0,25 л/с/га (макси-

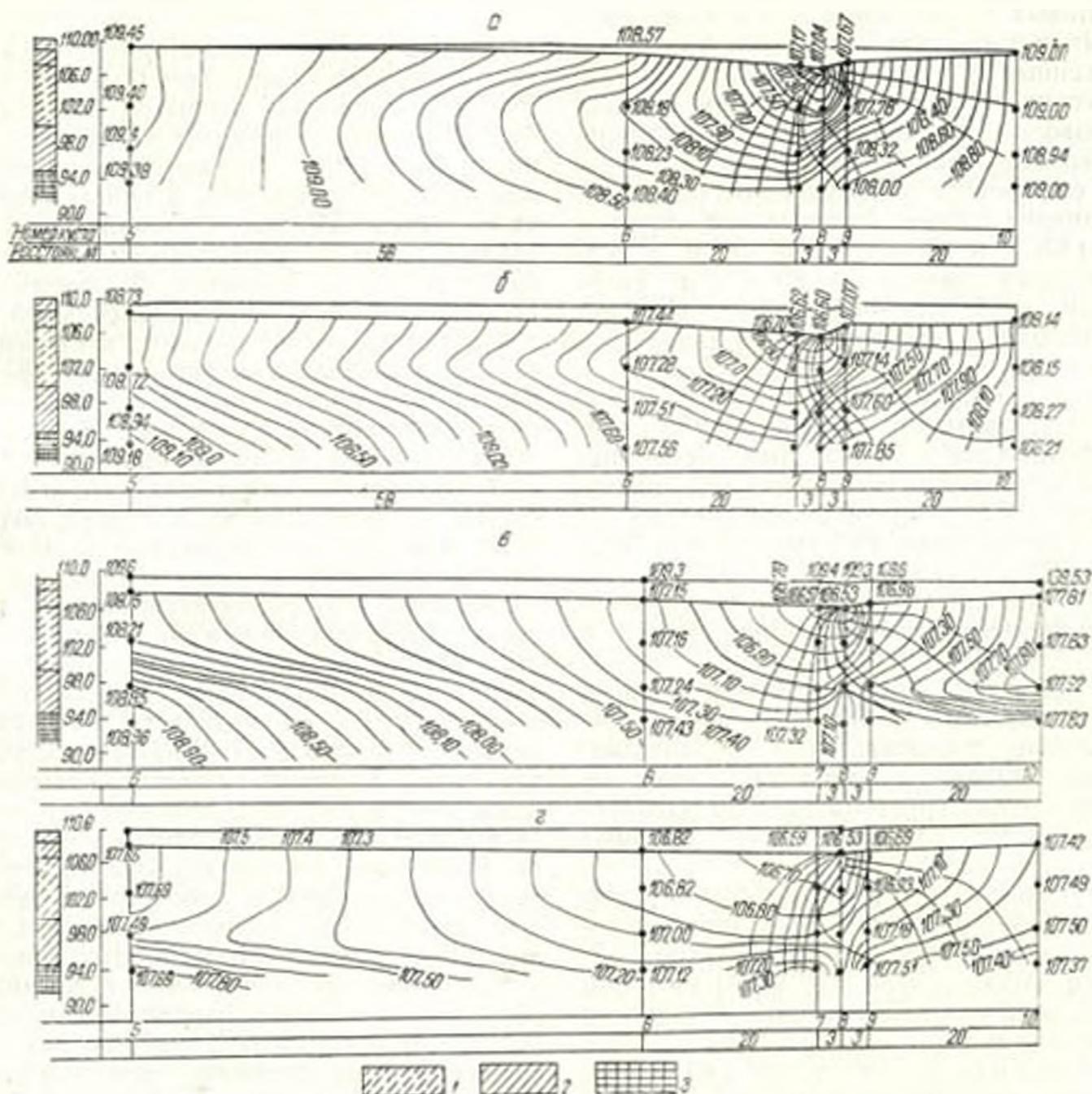


Рис. 58. Гидродинамические сетки притока воды к закрытой дрене 6-11-Д-43 в период промывок и после окончания промывок (1968 г.):

а — 18. VIII, б — 3. X, в — 13. X, г — 20. XI; 1 — легкий суглинок, 2 — тяжелый, 3 — глина.

мальный 0,3—0,35) и годовой дренажный сток 1,5—2 тыс. м³/га (25—30% от водоподачи) обеспечивают благоприятный водно-солевой режим почвогрунтов. Количество вынесенных дренажным стоком солей составляет 17—24 т/га, что в 1,5—2 раза превышает их поступление с другими статьями баланса. При таких показателях работы КДС и промывном режиме орошения с оросительной нормой 6,5—7,6 тыс. м³/га (нетто), с эксплуатационными промывками нормой 2,5—3 тыс. м³/га, проводимыми через 2—3 года, в 3-метровой толще почвогрунтов содержание солей поддерживается в допустимых пределах — от 0,3 до 1%, в том числе 0,017—0,26% Cl' от в. с. п.

На средне- и сильнозасоленных землях капитальные промывки нормой 30—40 тыс. м³/га обеспечивают опреснение 2—3-метровой толщи почвогрунтов до допустимых пределов. Закрытая дренажная сеть совместно с открытой временной глубиной 0,8—1,0 м обеспечивает нормальные условия инфильтрации поливной воды. Дренажный модуль достигает 1,2 л/с/га, а сток — 8—12 тыс. м³/га (44—66% водоподачи). Количество вынесенных дренажным стоком водорастворимых солей доходит до 300 т/га, что в 8,5 раз больше поступления. Освоение промытых земель под посевы хлопчатника в условиях достаточной дренированности территорий реставрации засоления не вызывает.

Анализ гидродинамических сеток движения грунтовых и подземных вод в междреньях закрытых горизонтальных дрен (рис. 58), расположенных в различных почвенно-геологических условиях территории совхоза № 6, позволил установить, что нисходящие рассолительные токи поливной воды создаются на следующем расстоянии от оси дрен: в зоне влияния фильтрационных вод крупных каналов (ЮГК и ЮР-16) — 45—50 м, в центральной части совхоза 70—80 м и в северной 90—100 м. Формирование грунтового потока происходит в основном до глубины 16—20 м от поверхности.

Построенная на территории совхоза мощная система закрытого горизонтального дренажа с комплексом мелиоративных мероприятий позволила значительно рассолить почвогрунты — в 1972 г. преобладали незасоленные и слабозасоленные (9,0 тыс. га, или 76%, которые в 1966 г. занимали всего 4,6 тыс. га, или 39%); появилась возможность выращивать значительные урожаи хлопка-сырца с валовым сбором более 20 тыс. т.

Итак, на всех опытно-производственных системах закрытого горизонтального дренажа получен положительный мелиоративный эффект. Однако темпы рассоления земель и опреснения грунтовых вод не одинаковы, они зависят от следующих основных факторов:

природных — гидрогеолого-литологического разреза, мощности и водопроницаемости покровных мелкоземов, первичной засоленности почвогрунтов и минерализации грунтовых вод, условий питания, напорности подземных вод и др.,

инженерно-мелиоративных — конструкций, размещения в плане, правильной эксплуатации всех элементов дренажной сети, организации своевременного отвода или использования собираемой воды.

агро-мелиоративных — своевременного и качественного проведения планировок и промывок, предусмотренных проектом режимов орошения, систем обработок, севооборотов, удобрений и др.

Процесс мелиоративного оздоровления орошаемых земель из-за самой природы почвы как объекта мелиорации — результат совокупного воздействия указанных факторов. Опыт свидетельствует о том, что неучет даже только одного звена этой сложной системы всегда приводит и будет приводить к «неожиданно» тяжелым последствиям — всплывкам вторичного засоления, снижению урожаев, выпадению площадей из сельскохозяйственного оборота и др.

Протяженность коллекторно-дренажной сети в республике составляет более 84 тыс. км. Это сеть в основном открытого типа, что требует постоянно очистки от заиления, оплывания и зарастания. Только по межхозяйственной сети ежегодный объем очистки составляет не менее 55 млн. м³ земляных экскаваторных работ. Внутрихозяйственная дренажная сеть также открытая. В целинной зоне Голодной, Каршинской и Джизакской степей и Сурхандарьинской области построены системы с закрытым горизонтальным дренажем, очистка которого осуществляется с помощью дренапромывочной машины ПДТ-125 конструкции ГСКБ по ирригации.

Стоимость эксплуатации ирригационных систем, включая очистку и ремонт, обходится в 58 млн. руб. госбюджетных ассигнований, не считая затрат колхозов и совхозов на обслуживание внутрихозяйственной сети. На долю дренажных сооружений затраты составляют свыше 18 млн. руб. Удельная стоимость затрат на эксплуатацию дренажных систем возросла за последние 20 лет (1957—1978 гг.) вдвое: с 4 до 8 руб./га. Естественно, управление такой сложной системой — тяжелая задача, тем более, что, помимо наблюдений за работой самой коллекторно-дренажной сети, в основные задачи службы эксплуатации входят наблюдения за процессом мелиорации, т. е. за солевым режимом почвогрунтов, положением и минерализацией грунтовых вод.

В системе органов водного хозяйства, в областных и районных управлениях оросительных систем организована специальная служба по эксплуатации дренажа — штатные работники управлений мелиорации и линейный персонал. Кроме того, в колхозах и совхозах имеются наблюдатели за положением уровня грунтовых вод и ее минерализацией. Для наблюдений за режимом грунтовых вод построено свыше 8,9 тыс. скважин, колодцев и кустов пьезометров. Учет отводимой коллекторной сетью воды ведется по 1620 гидростам. Это большое и непрерывно развивающееся хозяйство требует хорошо налаженной специальной службы, которая должна обеспечить бесперебойную работу мелиоративных систем и достоверность наблюдений за мелиоративным состоянием орошаемых земель.

Возросшие требования к эксплуатации мелиоративных систем и значительные ежегодные объемы капитального строительства по реконструкции и развитию их обусловили необходимость создания специальной службы мелиорации. В 1965 г. Управление мелиора-

ции ММиВХ УзССР выделено в самостоятельное структурное подразделение в составе 6 человек (начальника, главного инженера, двух старших инженеров, инженера и техника), а с октября 1970 г. преобразовано в Главное управление мелиорации численностью 12 человек.

В составе Главного управления мелиорации 2 отдела — отдел эксплуатации осушительных систем (5 специалистов) и отдел гидрорежимных наблюдений (4 специалиста).

Управлением мелиорации ММиВХ УзССР совместно с САНИИРИ были разработаны инструктивные указания и формы отчетности, обеспечивающие подробное освещение мелиоративного состояния орошаемых земель, работу коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа, а также разработаны положения об управлении мелиорации ММиВХ УзССР. В 1963 г. в составе Сырдарьинского ОблУОС как опытное было организовано Управление мелиоративных систем, результаты деятельности которого в течение нескольких лет подтвердили его необходимость и целесообразность.

В последующие годы управления мелиорации были созданы во всех областях и КК АССР. Общий штат в областных управлениях оросительных систем составляет 160 человек. С вводом в эксплуатацию новых дренажных систем увеличился почти вдвое контингент линейного персонала.

При 6 управлениях мелиоративных систем ОблУОС (за исключением Джизакской, Самаркандской и Ташкентской областей) имеются мелиоративные химические лаборатории (со штатом по 4 единицы), в них производится анализ минерализации коллекторно-дренажной, грунтовой воды, а также воды из скважин вертикального дренажа; кроме того, по динамическим точкам определяются характер и степень засоления почвенного покрова до и после промывок. Минерализация определяется в основном по трем компонентам: плотному остатку, хлору и сульфатам.

В задачу управления мелиоративных систем входит техническая эксплуатация межхозяйственной коллекторно-дренажной сети и скважин вертикального дренажа, контроль за состоянием внутрихозяйственной дренажной сети, наблюдения за мелиоративным состоянием орошаемых земель и режимом грунтовых вод, разработка мелиоративных мероприятий и контроль за их выполнением.

Количество гидростов на коллекторно-дренажной сети за 1971—1977 гг. значительно увеличилось — с 847 до 1620 шт., а наблюдательных скважин — с 3701 до 8900 шт.

при площади обслуживания одной скважиной соответственно 730 и 400 га.

Мелиоративная служба производит ежедекадные наблюдения за режимом грунтовых вод (замеры по всем гидростам и наблюдательным точкам). Для достоверности на всех наблюдательных точках заведены специальные бирки. Составляются общие водно-солевые балансы. Ежемесячно дается информация о мелиоративном состоянии орошаемых земель.

Два раза в год к 1 апреля и 1 октября составляются карты глубин залегания и минерализации грунтовых вод в Сырдарьинской, Ферганской, Бухарской, Андижанской и Хорезмской областях 1 : 100 000, областные и районные в масштабе 1 : 50 000. Кроме того, составляются карты урожайности хлопчатника, которые передаются в областные сельскохозяйственные органы для планирования сельскохозяйственных работ (посев и уборка урожая). Сопоставлением карты глубин залегания, минерализации грунтовых вод и урожайности хлопчатника с почвенными картами и данными о промывках выявляются первоочередные объекты, требующие мелиоративного улучшения.

На основании указанных данных выдаются обоснованные задания на проектирование и реконструкцию мелиоративных объектов.

Ежегодно под руководством службы мелиорации для поддержания коллекторно-дренажной сети в рабочем состоянии производится ее очистка. Установлен следующий порядок проведения работ по очистке сети. В осенний период производится технический осмотр и составляются акты о дефектах. На основании их отбираются коллекторы для проведения очистки в текущем году. Работы по очистке выполняются по договорам Управления мелиоративных систем и райУОСов со СМУ и ПМК. Заказы на проекты дают управления мелиорации.

Значительно улучшился контроль за состоянием внутрихозяйственной коллекторно-дренажной сети и помощь колхозам в приведении ее в рабочее состояние. Для улучшения эксплуатации межхозяйственная коллекторно-дренажная сеть оборудована постоянными реперами через 1 км, что значительно облегчает приемку выполняемых работ по очистке и повышает ее точность.

При Голодностепное и Каршистрое создано Управление мелиоративной инспекции с отделом мелиорации и ирригации (Управление освоения), а также Управление оросительных или коллекторно-дренажных систем. При Управлении освоения имеются отделы

мелиорации совхозов, которые, в свою очередь, координируют работу участков мелиораторов в отделениях. Линейная служба оросительных систем сконцентрирована в трех эксплуатационных участках, возглавляемых участковыми мелиораторами, в подчинении которых находятся инженер-гидрометр, старшие техники, объездчик на каждые 50 км дренажа, наблюдатель по скважинам на каждые 3—4 тыс. га мелиорируемых земель.

Для развития режимной сети ГИДРОИН-ГЕО по договору с ММнВХ УзССР в 1968—1970 гг. составлены указания по размещению режимной сети по всем областям республики. Пункты режимной сети по всем областям представлены одиночными скважинами (площадное расположение) и кустовым пунктом в каждой обособленной водоносной системе. Кустовой пункт представлен двумя скважинами: мелкой, оборудованной так же, как и одиночная скважина, и глубокой, оборудованной фильтром в водоносном пласте.

Створная режимная сеть дополняет одиночную и вскрывает грунтовые и напорные воды, приуроченные к подстилающим галечникам и пескам. Согласно указаниям по размещению режимной сети по республике необходимо построить еще около 8 тыс. наблюдательных скважин.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ В УЗБЕКИСТАНЕ

Технико-экономическое сравнение открытого и закрытого горизонтального дренажа следует проводить по сопоставимым показателям и при одинаковой глубине дренажа. Средняя стоимость 1 км открытого дренажа при глубине 2,0 м составляет 1300 руб., при 2,5 м — 3000 руб. Стоимость строительства 1 км закрытого дренажа с помощью дренажера для условий новой зоны Голодной степи составляет 8750 руб., а полумеханизированным способом 12700 руб. Стоимость строительства горизонтального дренажа различного типа с учетом амортизационных отчислений и потерь урожая на отчуждениях, размеры его годовой эксплуатации указаны в табл. 42.

Открытый горизонтальный дренаж на мелиоративно неблагоприятных землях республики из-за оплывания откосов, зарастания растительностью и быстрого заиления в основном имеет глубину до 2 м, реже до 2,5 м, занимая значительные площади отчуждения (более 150 тыс. га). Дренаж такой глубины

приемлем только в мелиоративно благополучных районах, т. е. там, где грунтовые воды имеют незначительную минерализацию. Применение такого мелкого дренажа при значительной минерализации грунтовых вод сопряжено с увеличением оросительных и поливных норм и риском реставрации засоления при нарушении водопользования.

В расчетах эксплуатационных затрат по открытому дренажу принималось, что очистка открытой сети от растительности, заиления и оплывания производится раз в три года. Такая периодичность очистки, как показал опыт, не обеспечивает устойчивого мелиоративного действия открытого дренажа, так как зарастание происходит за одну вегетацию, и для поддержания открытой сети в надлежащем состоянии следовало бы производить очистку ежегодно (или 1 раз в два года). Однако служба мелиоративной эксплуатации не имеет средств для этого. Поэтому мелиоративную эффективность открытого дренажа следует оценивать ниже, чем закрытого.

Сравнение показывает, что дополнительные затраты, вкладываемые в закрытый дренаж (по сравнению с открытым), окупаются за 6 лет — если дренаж строится с помощью дренажера и до 11 лет — если открытый дренаж строится полумеханизированным способом. В расчетах не учтены также дополнительные затраты, связанные со стесненными условиями механизации при открытом дренаже, этот фактор при выпуске промышленностью скоростных и широкозахватных сельхозмашин постоянно будет становиться заметнее.

Голодная степь явилась пионером по широкому производственному внедрению закрытого горизонтального дренажа. Усилиями проектировщиков, строителей, освоителей и научных организаций отработаны надежные конструкции закрытых дрен и организовано их механизированное строительство. Замена распространенного открытого дренажа закрытым сопряжена со значительными капитальными вложениями и, что особенно важно, с организационными трудностями реконструкции действующих ирригационных систем.

Несмотря на значительный прогресс, применяемые конструкции закрытого дренажа и технология их строительства далеки от совершенства по стоимостным показателям, производительности и индустриализации изготовления фильтра. Продолжаются поиски и исследования по упрощению и удешевлению закрытых дрен, в частности с помощью пластических и стекловолоконных материалов и более совершенной технологии их

Таблица 42

Стоимость строительства и годовой эксплуатации горизонтального дренажа

Интенсивность дренажа, м/га	Стоимость строительства (прямые затраты), руб/га				Стоимость годовой эксплуатации, руб/га			
	закрытый дренаж глубиной 3,0 м, построенный		открытый дренаж глубиной		закрытый дренаж глубиной 3,0 м, построенный		открытый дренаж глубиной	
	дреноукладчиком	полумеханизмированным способом	2,0 м	3,0 м	дреноукладчиком	полумеханизмированным способом	2,0 м	3,0 м
20	175	254	26	60	5,5	7,7	15,2	24,7
40	350	508	52	120	10,7	15,2	30,5	49,1
60	525	762	78	180	15,9	22,7	45,7	73,4
80	700	1016	104	240	21,0	30,2	63,0	97,8
100	875	1270	130	300	26,3	37,7	76,2	122,2
150	1312	1905	195	450	39,0	56,3	114,2	183,1

строительства. Успешное решение этой проблемы, безусловно, ускорит внедрение закрытого дренажа на всех ирригационных системах.

Для подготовки в различной степени намечаемых к освоению засоленных земель необходим огромный комплекс инженерно-мелиоративных мероприятий.

Результаты крупномасштабного (1 : 1000000) инженерно-мелиоративного районирования орошаемой территории УзССР по применению различных типов дренажа показывают, что вертикальным дренажем будет обеспечена мелиорация 0,85 млн. га, а весь остальной земельный фонд (свыше 2 млн. га) будет обслуживаться горизонтальным или комбинированным дренажем той или иной интенсивности и конструкции.

Результаты указанных проработок позволили наметить объемы необходимых мероприятий на перспективу по строительству и усовершенствованию горизонтального дренажа на мелиоративно неблагоприятных землях по каждой области УзССР и КК АССР.

Общая протяженность закрытого горизонтального дренажа в перспективе должна составить 85,6 тыс. км, а открытой КДС сохранится на длине 30,5 тыс. км.

Один из возможных путей сокращения намеченной протяженности КДС — применение в двухслойной среде горизонтального дренажа со скважинами-усилителями. Такой вид дренажа можно сооружать в гидрогеологических условиях Бухарской, Ферганской, Кашкадарьинской областей и КК АССР.

Для поддержания систем открытых и закрытых дренажей следует шире внедрять химические методы (с учетом требований к охране окружающей среды) для борьбы с зарастанием сорной растительностью, а также раз-

ведение растеннеядных рыб. Перспективное направление улучшения эксплуатации дренажных систем — внедрение телесигнализации (телерейки) на открытых дренах и коллекторах и применение радиосигнализационных датчиков уровня грунтовых вод в наблюдательных скважинах и на системах закрытого дренажа.

Дренирование орошаемых земель — достаточно сложная и ответственная задача. Интенсификация сельского хозяйства, в частности орошаемого земледелия, обязывает проектировщиков, ученых, строителей и эксплуатационников совершенствовать орошение и мелиорацию, способствовать повышению урожайности и улучшать технико-экономические и эксплуатационные показатели объектов.

На ближайший период можно ожидать следующих направлений в развитии мелиоративных мероприятий. Будет прогрессивно возрастать строительство закрытых первичных горизонтальных дренажей, а также будут реконструироваться открытые дренажи и коллекторы в закрытые. Конструкция и технология строительства закрытых дренажей будут совершенствоваться в направлении максимальной индустриализации и механизации строительства при одновременном удешевлении и улучшении качества работы. Решающим вопросом явится разработка технологии заводского изготовления дренажных плетей из пластмассовых перфорированных или витых труб с фильтром из стекловолоконистых материалов и усовершенствование дреноукладчика, обеспечивающего укладку этих плетей в условиях высокого горизонта грунтовых вод.

Ускоренное строительство закрытого дренажа по республике дает значительный эффект.

Многолетние научно-производственные исследования САИИРИ, Средазгипроводхлопка, Голодноостепстроя, Узгипроводхоза и ряда других водохозяйственных организаций показали, что средняя по УзССР величина годового экономического эффекта на 1 га площади, мелиорируемой закрытым горизонтальным дренажем, равна 490 руб. Кроме того, в сельскохозяйственный оборот за счет перевода открытого дренажа в закрытый будет дополнительно вовлечено более 210 тыс. га орошаемых земель, а за счет изменения мелиоративного режима можно будет достичь экономии и в водных ресурсах.

Итак, если 60-е годы явились школой по разработке методов строительства и конструкции закрытых дрен, то в следующие десятилетия предстоит разработать конструкции,

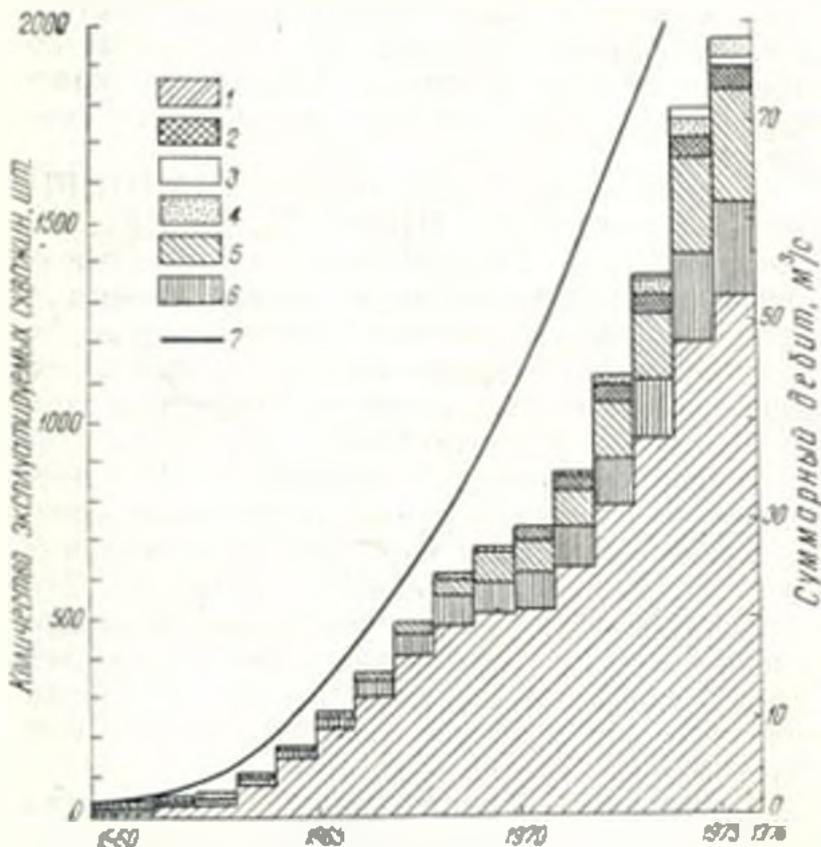
механизмы и технологию строительства для укладки закрытых коллекторов. Одно из основных препятствий к массовому применению закрытой коллекторной сети — несовершенная техника полива, при которой неизбежны сбросы при поливах при профилактических промывках.

Недалеко то время, когда усилиями работников водного и сельского хозяйства республики на базе современных методов дренажирования будет решена проблема ликвидации солей из верхних слоев почвогрунтов и «вспышек» вторичного засоления — этих вековых врагов земледельцев. Будут созданы оптимальные условия для повышения плодородия почвы и выращивания максимально высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Важный элемент технического прогресса в мелноративном строительстве Узбекистана — вертикальный дренаж орошаемых земель, получивший широкое развитие. К 1977 г. общее количество эксплуатируемых скважин вертикального дренажа достигло 1952 (рис. 59). С его помощью можно не только создать дренажный фон на больших площадях, но и оперативно перехватывать подземные воды при пагубном воздействии их на рядом лежащие орошаемые земли, например, при строительстве водохранилищ, орошении вышерасположенных земель, в частности подгорной долины и т. д.

Рис. 59. Развитие вертикального дренажа по областям Узбекистана и Чимкентской области КазССР:

1 — Сырдарьинская, 2 — Андижанская, 3 — Наманганская, 4 — Ташкентская, 5 — Ферганская, 6 — Бухарская, 7 — суммарный дебит.



Систематический вертикальный дренаж, будучи одним из элементов инженерно-мелноративного комплекса, вместе с современной техникой полива и агротехническими приемами позволяет создать необходимый мелноративный режим — от автоморфного до гидроморфного — для неуклонного повышения плодородия почв и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур при наименьших затратах воды и труда.

Вертикальный дренаж обладает рядом технических преимуществ, выгодно отличающих его от других видов дренажа: он не занимает полезной площади, строительство его и эксплуатация не мешают сельскохозяйственному производству и могут вестись круглогодично; позволяет держать уровень грунтовых вод на любой заданной глубине, получить быстрый мелноративный эффект, а также использовать откачиваемые подземные воды на орошение и промывки (если качество хорошее). Строительство скважин полностью механизировано, а эксплуатация легко может быть автоматизирована и телемеханизирована.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА В УЗБЕКИСТАНЕ

Узбекистану принадлежит первенство в развитии принципов применения и широком внедрении вертикального дренажа в стране. В конце 20-х—начале 30-х годов в Голодной степи, в Бухарской области (левобережье канала Шахруд), а затем в Ферганской долине проходили испытания одиночные колодцы различных конструкций (Н. В. Макридин, Б. Д. Коржавин, М. М. Решеткин, О. К. Ланге и др.). Наряду с этим проведены региональные гидрогеологические исследования. Появилось несколько очерков, характеризующих гидрогеологические условия оазисов Узбекистана с точки зрения перспективности применения

Таблица 43

Основные параметры скважин вертикального дренажа на опытно-производственных участках по УзССР (САННИРИ)

Показатель	Голодная степь			Бухарский обл-экс. Каганский район	Ферганская долина, Кировский район
	совхоз «Социализм»	г. Гулистан	совхоз «Пахтаарал»		
Площадь участка в контуре скважин, га	3000	1000	10500	1830	650
Мощность покровного мелкозема, м	20—25	20—30	15—25	6—8	0—16
Коэффициент фильтрации (вертикальный) покровного мелкозема, м/сут	0,07—0,10	0,03—0,07	0,1—0,2	0,5—2,0	0,3—0,5
Водопроницаемость каптируемого пласта, м/сут	2000—4500	270—600	405—1500	400—585	150—650
Количество скважин	28	20	74	17	7
Глубина скважин, м	65—80	40—60	50—70	20—45	25—35
Диаметр скважин, мм	700—900	500—1000	900—1000	500	500
Диаметр фильтрового каркаса, мм	326—426	326—426	426	426	426
Длина фильтра, м	25—10	10—17	20—36	7—11	7—13
Скважность фильтра, %	18—20	15—25	14—17	15—20	15—20
Дебит скважин, л/сек	100—200	31—80	60—80	25—40	20—70
Площадь, обслуживаемая одной скважиной с учетом зоны влияния, га	154	60	200	130	130

Примечание. Искусственный фильтр—гравийная обсыпка.

вертикального дренажа, или «калифорнийских колодцев», как их тогда называли.

Слабая техническая оснащенность опытов, недостаточные изученность и разведанность гидрогеологических условий не позволяли получить убедительные результаты, открывающие пути широкому внедрению вертикального дренажа в Узбекистане.

Прогресс в области буровой техники способствовал развертыванию разведочных гидрогеологических работ, широкое развитие получило строительство буровых колодцев для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ. Уже в середине 50-х годов Узбекистан по изученности гидрогеологических условий занимал одно из первых мест в СССР.

С 1946 г. по инициативе Б. Д. Коржавина начато исследование проблемы применения глубоких откачек грунтовых вод в целях ирригации, мелiorации и водоснабжения. Анализировались и обобщались гидрогеологические материалы, определялись основные требования к скважинам вертикального дренажа, рассматривались перспективы его применения для республики, в частности для одного из важнейших объектов мелiorации — Голодной степи, составлялись прогнозные карты использования.

В 1956 г. на базе теоретических исследований ИВПиГ АН УзССР (Р. А. Алимов, Н. М. Решеткина и др.) Узгипроводхозом и ташкентским филиалом Союзгипрориса, а также Средазгипроводхозом составлены проекты опытно-производственных систем вертикаль-

ного дренажа на площадях от 1 до 11 тыс. га в разных районах, наиболее сильно нуждающихся в мелiorации в старой и новой зонах Голодной степи, Бухарской области и Ферганской долины. Выбраны самые тяжелые, сильнозасоленные земли и солончаки, где практиковалось строительство открытой коллекторно-дренажной сети было малоэффективно: плывунисть грунтов, напорность подземных вод, сильная первичная и вторичная засоленность земель, а также малые уклоны местности. Например, в совхозе «Пахтаарал» резко прогрессировало вторичное пятнистое засоление, в результате урожай хлопчатника снижался.

Исследования, проведенные САННИРИ (после слияния его с ИВПиГ АН УзССР), Узгипроводхозом, Средазгипроводхозом и другими водохозяйственными организациями в процессе проектирования строительства и опытной эксплуатации систем вертикального дренажа, позволили уточнить параметры этих систем (табл. 43), отработать принципы проектирования и расчета подобного вида дренажа на орошаемых землях, в результате созданы методические указания, утвержденные техсоветом ММВХ УзССР (1966 г.). Это явилось основой для широкого внедрения вертикального дренажа на орошаемых землях республики, составлены проекты внедрения систем вертикального дренажа на крупных массивах (табл. 44).

В процессе проектирования, строительства и опытной эксплуатации систем вертикального дренажа решены следующие задачи.

Таблица 44

Основные проектные параметры вертикального дренажа на крупных орошаемых массивах

Показатель	Голодная степь (старорошаемая зона)					Бухарский оазис	
	Шуручкский	Сардобинский	Балутский	Пахтааралский	Кировский и Жетысайский	Союз 'Наган'	Бухарский, Каганский
Площадь, тыс. га	63,4	33,7	51,8	59,0	96,5	10,6	31,8
Количество скважин	212	133	101	311	377	98	171
Площадь, обслуживаемая одной скважиной, га	323	253	513	190	256	108	186
Глубина скважин, м	60-80	50-70	60	50-80	50-60	22-25	23-43
Дебит скважин, л/с	70-100	50-70	50-70	60-80	51-75	25-30	30-100
Удельный дебит, л/м	5-12	3-5	3-5	4-6	3-6	4-6	4-8
Дренажный модуль, л/с/га	0,187	0,20	0,19	0,21	0,21	0,25	0,16-0,25
Темпы рассоления, т/га и год	21,0	20	20-15	10-28	20-27	30-35	25-30
Капитальные затраты, руб/га	160	233	—	345	380	273	314
Продолжительность мелноративного периода, год	8-10	10-12	6-8	5-7	5-7	4-5	4-6

Разработаны методы строительства и конструкции скважин, особенно их водоприемной части (фильтров) в разных литологических условиях.

Выяснено влияние методов строительства и конструкций скважин на гидрогеологические ее параметры (дебит и удельный дебит), а также на стоимостные показатели. Разработано насосно-силовое оборудование скважин вертикального дренажа, их энергоснабжение, соответствие параметров скважин типоразмерам выпускаемых промышленностью насосов (АТН, ВП, НА и др.) и требования, предъявляемые к насосам на скважинах вертикального дренажа: обоснован переход на погружные бесштанговые насосы типа электрического центробежного вертикального (ЦНИИхиммаш).

Изучены мелноративная эффективность вертикального дренажа, влияние его на режим

уровня грунтовых вод и пьезометрические напоры нижних водоносных горизонтов, солевой режим почвогрунтов и структура водно-солевого баланса орошаемых земель, эффективность промывок засоленных земель на фоне вертикального дренажа, состояние посевов, урожайность.

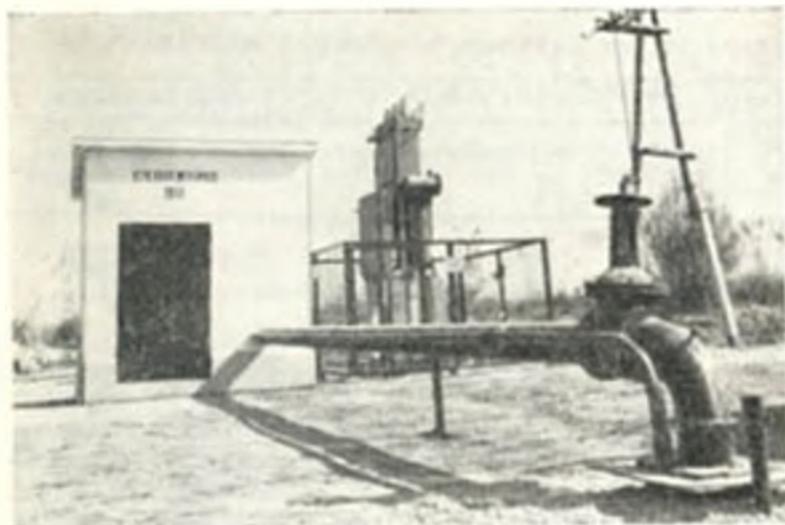
Рассмотрены вопросы эксплуатации вертикального дренажа, автоматизации на насосах, организации специальной службы, создания ремонтных бригад, баз, специализированных ПМК, использования откачиваемых вод и их отвода, надземных сооружений на скважинах.

Исследованы мелноративные и технико-экономические показатели вертикального дренажа — модули дренажного стока, скорости выноса солей, скорости снижения уровня грунтовых вод и рассоления земель, а также вычислены капиталовложения в строительство, эксплуатационные затраты, окупаемость.

Таблица 45

Перспективы роста вертикального дренажа по областям Узбекистана

Область	Площадь, тыс. га		Площадь, нуждающаяся в дренаже			Число скважин в перспективе, шт.
	валовой	существующего орошения (1972 г.)	общая, тыс. га	вертикального дренажа		
				тыс. га	%	
Андижанская	425,8	256,8	243,2	157,4	65,0	580
Ферганская	675,5	204,5	381,6	37,4	9,8	340
Наманганская	743,9	212,0	110,6	39,4	35,6	315
Ташкентская	1357,5	331,8	505,0	45,0	8,9	152
Сырдарьинская	2324,2	325,0	1113,0	756,0	67,8	2102
Самаркандская	2921,7	324,8	295,5	56,9	19,2	140
Бухарская	14435,0	242,5	399,9	252,2	63,0	728
Кашкадарьинская	2857,6	176,8	357,9	67,3	18,8	763
Сурхандарьинская	2009,5	211,0	361,5	256,0	70,8	1765
Каракалпакская АССР	1678,1	211,8	761,2	92,6	12,2	155
Итого	44630,2	2587,0	4529,4	1760,2	38,9	7040



Скважина вертикального дренажа.

Все это позволило перейти к широкому внедрению вертикального дренажа в практику орошаемого земледелия, в результате к 1970 г. Узгипроводхоз, Ташкентское отделение Союзгипрорис и Средазгипроводхлопок при участии САНИИРИ разработали схемы и проекты по развитию систем вертикального дренажа на площади более 600 тыс. га, в том числе во вновь осваиваемых Голодной (39 тыс. га) и Каршинской (38 тыс. га) степях.

В перспективе в соответствии с проработкой САНИИРИ и проектными схемами применения вертикального дренажа орошаемых земель потребуется увеличить количество насосных установок вертикального дренажа до 7 тыс. на площади около 1,76 млн. га (табл. 45). Это позволит коренным образом мелиорировать земли, использовать на орошение значительную часть откачиваемых подземных вод, т. е. повысить общий коэффициент использования воды в республике, уменьшить водоподачу брутто, улучшить за этот счет орошаемые площади.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ

По существовавшим представлениям мелиоративной науки, вертикальный дренаж считался эффективным лишь на землях, сложенных с поверхности относительно однородными, слабопроницаемыми породами (например, лесовидными суглинками), подстилаемыми на некоторой (10—20 м) глубине хорошо проницаемым слоем (крупнозернистые пески, гравий, галечники), куда опускался фильтр скважины и откуда производилась откачка, при этом подчеркивалась необходимость в хорошей гидравлической связи между грунтовыми водами в покровных суглинках и водами в подстилаю-

щем водоносном пласте. Естественно, такая идеальная схема литологического строения встречается на сравнительно ограниченных площадях в пределах периферии конусов выноса крупных рек и на аллювиальных террасах (рис. 60).

Указанная классическая схема претерпела изменения. В природных условиях прослой глины у подошвы покровных суглинков или тонкозернистые глинистые пески в кровле каптируемого горизонта в значительной мере усложняют прямую гидравлическую связь его вод с грунтовыми. На конусах выноса горных рек в разрезах наблюдается многократное чередование хорошо проницаемых и слабопроницаемых слоев и т. д. С подобного рода осложнениями столкнулись исследователи первых опытных колодцев вертикального дренажа (И. В. Макридин, М. М. Решеткин, О. К. Ланге) в Голодной степи.

При рассмотрении системы вертикального дренажа орошаемых земель на значительных территориях с их региональным характером с учетом воздействия их на гидрогеологические бассейны следует значительно раздвинуть рамки применения этого вида дренажа. Его работа существенно влияет на общий водный баланс орошаемого района, общий дебит системы, регулирующий мелиоративный режим массива, поэтому ее мощность должна определяться на основании балансов почвенных, грунтовых и подземных вод. В результате должны быть комплексно решены вопросы дренирования орошаемых земель и использования подземных вод для водоснабжения, орошения и других целей.

И. М. Решеткина предложила и обосновала возможность регулирования верхнего яруса подземных вод, имеющего мощность от десятков до сотен метров и включаю-

Устье скважины вертикального дренажа.



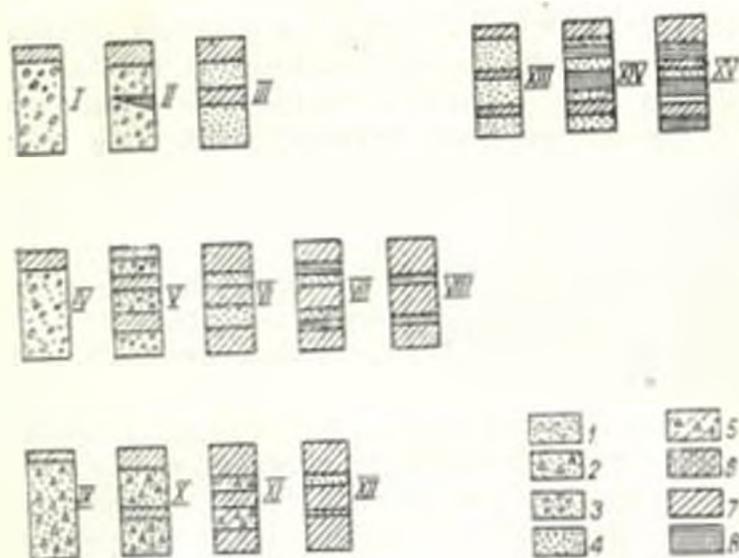


Рис. 60 Генетические ряды типовых литологических разрезов верхнего яруса подземных вод гидрогеологических бассейнов (верхние 100—150 м).

Первая гидрогеологическая зона, ллывиальными бассейнами I — Самаркандский, р. Зарафшан, II, III — Голодностепский, р. Сырдарья, пролювиально-равнинные бассейны; режимы IV, V — Сохский, Нефаринский, Завинский и др., VI, VII, VIII — центральная часть Голодной степи; суходольные IX, X, XI, XII — южная часть Голодной степи, Прикопетдагская равнина и др., вторая гидрогеологическая зона: XIII, XIV, XV — низовья Амударьи, низовья Сырдарьи; 1 — галечник, 2 — слабооблаженный галечник, 3 — гравий, 4 — песок, 5 — щебень с мелким гравием, 6 — супесь, 7 — суглинок, 8 — глина.

шего не только грунтовые воды, но и залегающий ниже напорный комплекс подземных вод. Эти положения основаны на том, что на протяжении всего четвертичного периода на территории республики создавался своеобразный верхний ярус подземных вод, связь которого с нижними горизонтами осуществляется главным образом по тектоническим разломам. В то же время воды всего верхнего яруса подземных вод оказывают влияние на мелiorативное состояние земель, следовательно, чтобы управлять мелiorативным режимом орошаемых земель, необходимо регулировать режим подземных вод верхнего яруса. Эта задача разрешима только системой скважин вертикального дренажа, позволяющего не только создать в различных гидрогеологических условиях оптимальный мелiorативный режим, но и использовать откачиваемые подземные пресные воды на орошение больших территорий.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ И МЕЛИОРАТИВНЫЕ РЕЖИМЫ

Известно, что по характеру участия грунтовых вод в процессах почвообразования в природных условиях выделяются два основных типа режимов почвообразовательного процесса — гидроморфный и автоморфный и два промежуточных — полугидроморфный и полуавтоморфный. Принято различать и соответ-

ствующие им мелiorативные режимы. Автоморфный и полуавтоморфный режимы формируются в условиях хорошей естественной дренированности и, как правило, при них земли в естественном состоянии находятся в стадии рассоления. Гидроморфные и полугидроморфные режимы обычно связаны со слабой естественной дренированностью.

На фоне горизонтального дренажа с его нынешними параметрами можно практически создать либо гидроморфный, либо полугидроморфный мелiorативный режим. На фоне мелкого горизонтального дренажа, в основном открытого, создается гидроморфный режим, для поддержания которого требуются резко повышенные оросительные нормы, в 1,5—2 раза превышающие суммарное испарение, как это отмечается в Хорезме. Такой режим не может быть признан оптимальным как по затратам труда, так и по расходу воды на единицу урожая.

Полугидроморфный режим на фоне закрытого горизонтального дренажа, бесспорно, близок к оптимальному, однако для условий нового орошения земель естественно незасоленных, он имеет существенный недостаток. Если до орошения грунтовые воды с высокой минерализацией залегают глубоко (более 8 м), горизонтальный дренаж не может предотвратить их подъем до отметок дна, и только когда процесс соленакопления начинается вблизи от поверхности земли, дренаж совместно с орошением начинает играть свою роль в борьбе с засолением.

Вертикальный дренаж на орошаемых землях практически может обеспечить любую глубину уровня грунтовых вод, необходимую для формирования выбранного оптимального мелiorативного режима, о чем можно судить по мелiorативным показателям:

Тип мелiorативного режима	Уровень грунтовых вод (среднегодовой), м	Оптимальная минерализация грунтовых вод, г/л (сухого остатка)	Суммарная дренированность, % водоподачи
Гидроморфный	1—2	1—2	40—50
Полугидроморфный	2—3	2—5	25—30
Полуавтоморфный	3—5	5—10	15—20
Автоморфный	5	Любая	10—15

Затраты воды на единицу урожая растут с приближением грунтовых вод к поверхности почвы и достигают максимальных величин при гидроморфном режиме. Вместе с тем непрямые потери на промывной режим оро-

шения в условиях засоленных земель сокращаются от полугидроморфного режима к автоморфному с 25—30 до 5—10%.

Необходимо иметь в виду, что при промывном режиме орошения, кроме непроизводительных затрат воды на вынос токсичных солей, из корнеобитаемой зоны вместе с этими солями выносятся и питательные вещества, вносимые удобрения, микроэлементы; таким образом, уровень плодородия почв со временем понижается. Для его восстановления требуются все большие дозы органико-минеральных удобрений, что подтверждается примером Хорезмского оазиса. Благодаря строительству дренажа и другим мероприятиям урожайность хлопко-сырца достигает 37 ц/га, однако водоподача составляет 22—24 тыс. м³/га (брутто), а удобрений вносится почти вдвое больше, чем в среднем по республике на каждый гектар хлопковых полей.

Вертикальный дренаж в отличие от других видов дренажа позволяет поддерживать (и создавать) автоморфный и полуавтоморфный режим, что особенно важно для вновь орошаемых земель с исходно глубоким уровнем грунтовых вод, где необходимо сохранить этот уровень, не допустить его подъема и предотвратить тем самым продвижение солей к зоне аэрации, необходимой для выращивания растений.

В большей части территории орошаемых земель оптимальные мелиоративные режимы — автоморфный и полуавтоморфный, позволяющие полностью автоматизировать управление водно-воздушным и солевым режимами и получать максимальные урожаи при минимальных затратах воды. Об этом убедительно свидетельствует опыт Аккавакской станции СоюзНИИ, где на фоне естественной дренажности создан автоморфный режим и урожай хлопко-сырца достигает 50 ц/га и более.

ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Вертикальный дренаж, являясь элементом комплекса инженерных мероприятий, осуществляемых на орошаемых землях (оросительная сеть и крупные каналы, техника и режим орошения, планировки и промывки, дренаж и пр.), проектируется после детального всестороннего анализа природных условий и водохозяйственных расчетов.

Если в начале проектирования дренажных систем в основу расчета принимался только водный баланс мелиорируемой территории, составленный по существующим и проект-

ным условиям без учета изменения запаса солей, то позже была установлена необходимость в составлении водно-солевого баланса как основы расчета дренажа. Сделаны первые шаги к использованию методов физико-химической гидродинамики для определения нагрузок на дренаж.

Суммарный дебит вертикального дренажа на конкретном массиве определяется на основании анализа общего водного и солевого балансов и его частных составляющих — баланса зоны аэрации, подземных, а также поверхностных вод в современных и в проектных условиях в соответствии с мелиоративными режимами. Кроме гидрологических и водохозяйственных данных, при составлении водных балансов необходимо построить гидродинамическую схему, являющуюся основой для расчета вертикального дренажа.

Очень важно правильно оценить и схематизировать природную обстановку для бассейна и его частей с тем, чтобы можно было выбрать расчетные параметры и получить доступные аналитическим расчетам и моделированию гидродинамические схемы:

а) общую (пространственную), характеризующую работу всей системы;

б) частные, обычно плоские, характеризующие условия работы колодцев системы, их рядов или групп во взаимодействии с каналом, водохранилищем, орошаемым полем и т. д.

Общая гидродинамическая схема необходима для того, чтобы представить современную гидродинамику бассейна и роль отдельных факторов в формировании мелиоративной обстановки объекта. С использованием современных методов математического (аналогового) моделирования эта схема позволит проследить за теми изменениями, которые будут названы проектируемыми мероприятиями, в том числе системой вертикального дренажа, а также подобрать оптимальный вариант сочетания и размещения этих мелиоративных систем.

На основе гидродинамической схемы составляется гидрохимическая. Хотя установлено, что движение солей в почвогрунтах очень сложно, однако в региональном плане солевые массы движутся в основном в виде водных растворов; поэтому гидродинамические схемы служат основой расчетов не только водных, но и солевых (в первом приближении) балансов.

На базе гидродинамических расчетных схем определяются границы расчетного балансового контура, устанавливаются основные элементы водных и солевых балансов.

Схематическая карта районирования орошаемых массивов Узбекской ССР по видам дренажа

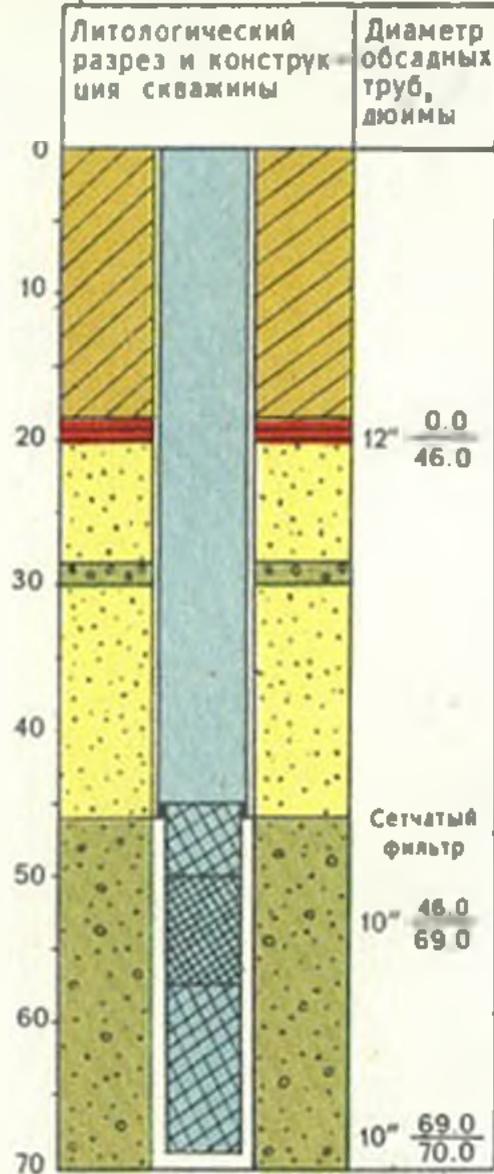


ОБЛАСТИ

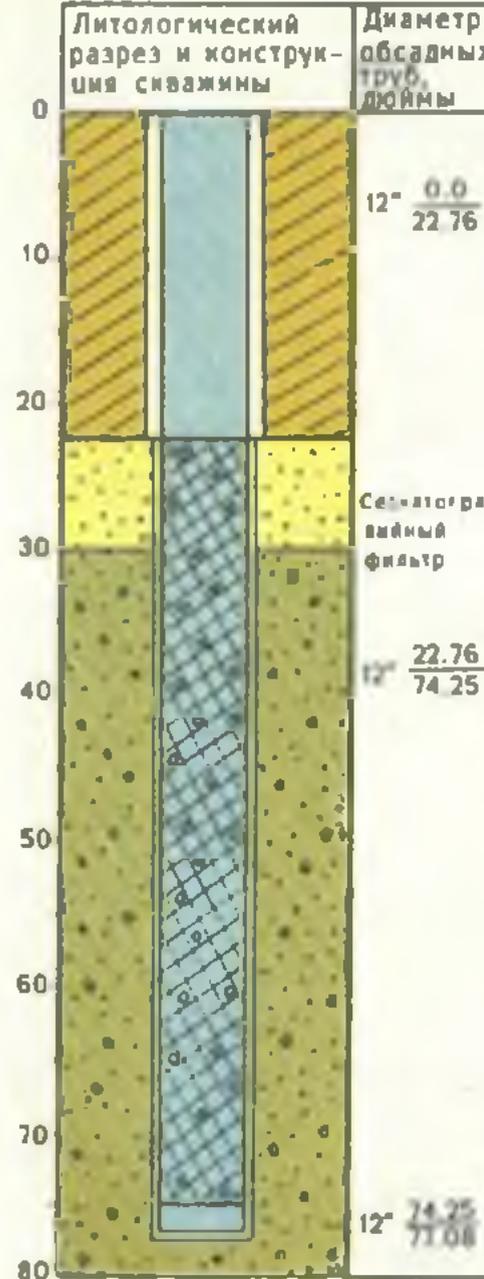
- I Андижанская
- II Наманганская
- III Ферганская
- IV Ташкентская
- V Сырдарьинская
- VI Самаркандская
- VII Бухарская
- VIII Кашгари́нская
- IX Сурхандарьинская
- X Хорезмская
- XI Каракалпакская АССР

- Границы союзных республик
- Границы автономных республик и областей
- Вертикальный дренаж
- Закрытый горизонтальный дренаж
- Комбинированный дренаж
- Открытый горизонтальный дренаж

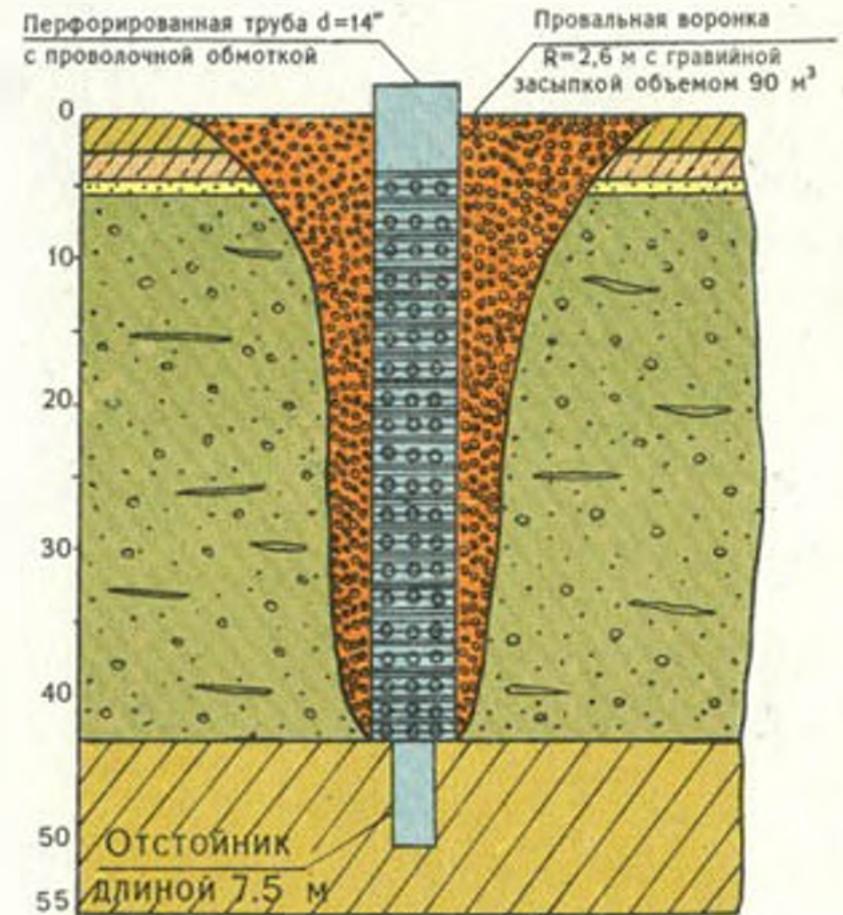
Глубокая скв. Н.В.Макридина (1929-1930 гг.)



Скважина Г.Д.Антоновой (1951-1953 гг.)

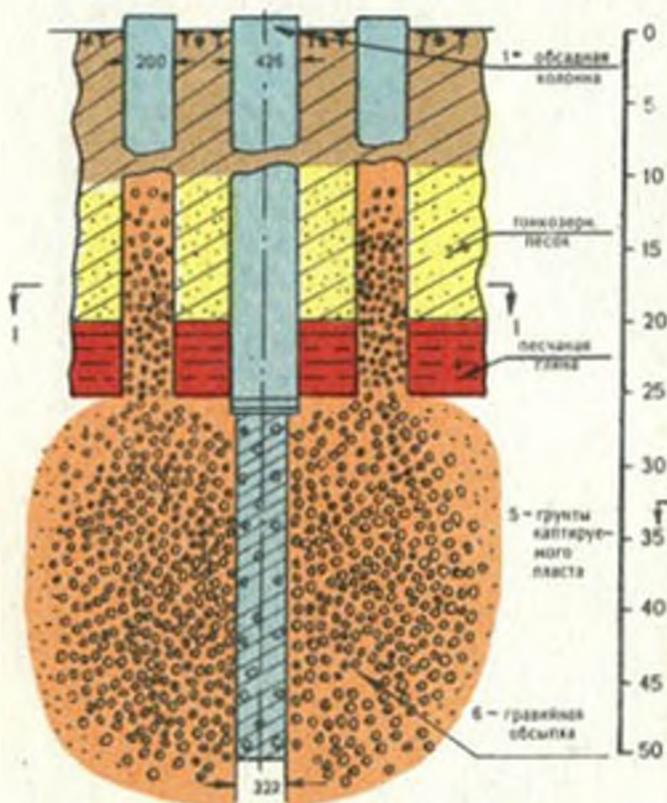


Формирование гравийного фильтра по методу П.Л.Панкратова (1956-1957 гг.)

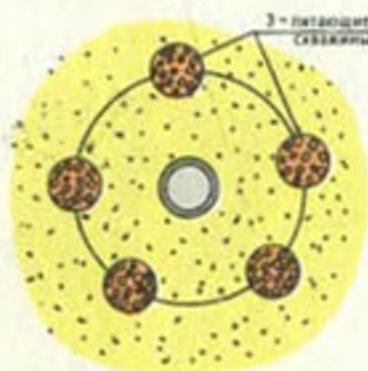


Литологический разрез и конструкция опытных скважин вертикального дренажа (1928-1957 гг.)

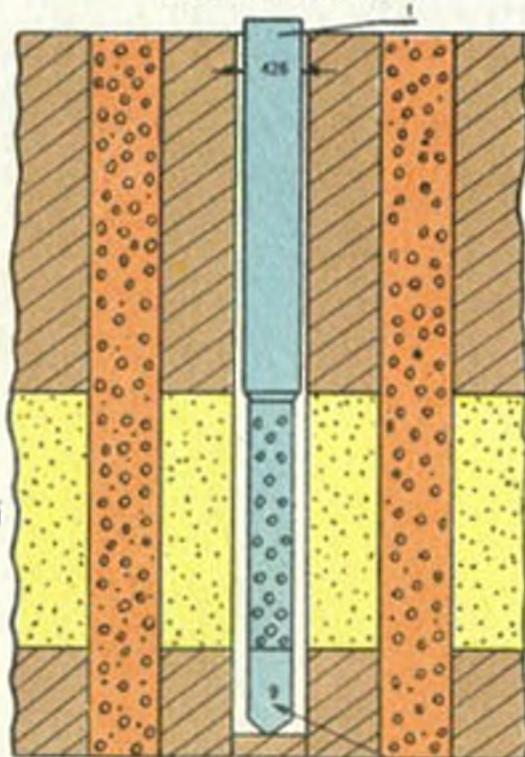
Устройства гравийного фильтра
(по Беннисону, 1957 г.)



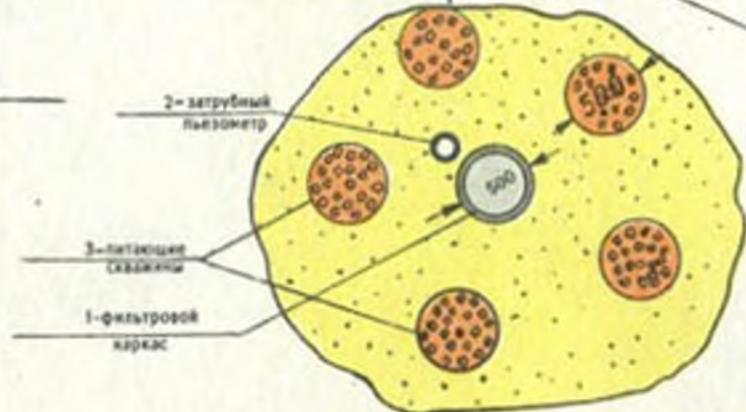
Разрез I-I



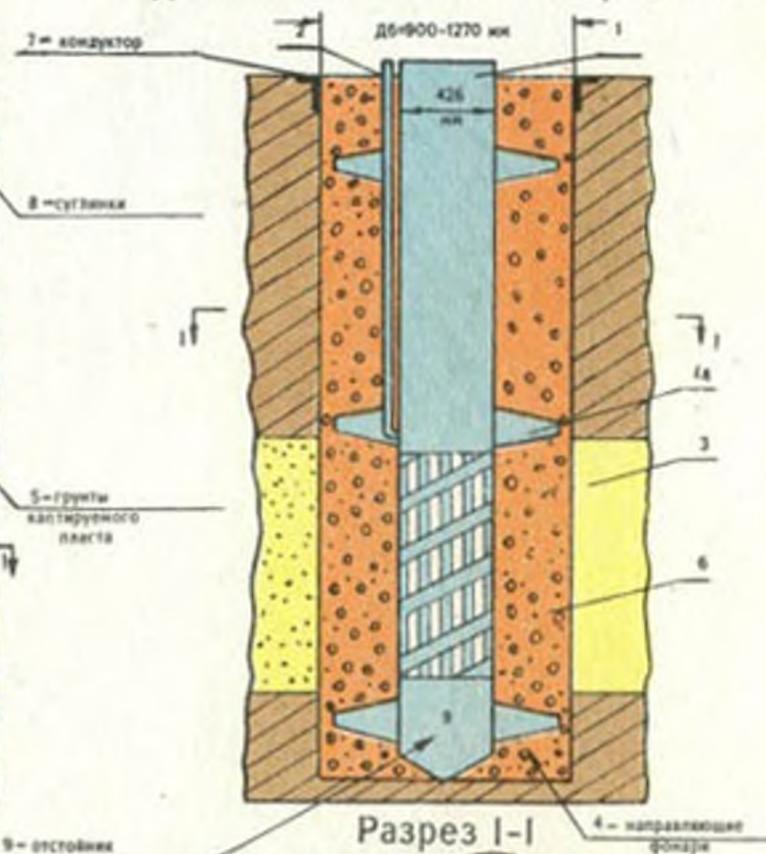
Устройства фильтра путем
создания гравийной завесы
(1957-1958 гг.)



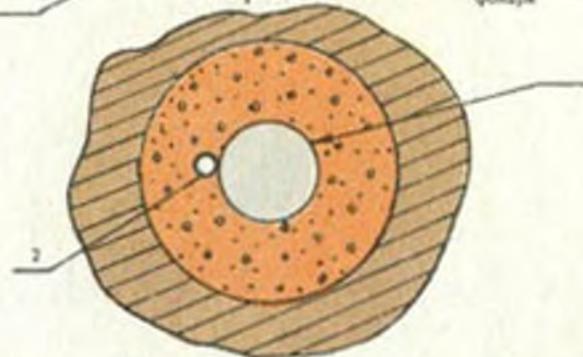
Разрез II



Устройства гравийного фильтра методом
бурения большого диаметра (1958-1973 гг.)



Разрез I-I



Конструкция скважин вертикального дренажа (1957-1970 гг.)

Динамика рассоления земель
осенне-зимними промывками и
вегетационными поливами на
фоне вертикального дренажа

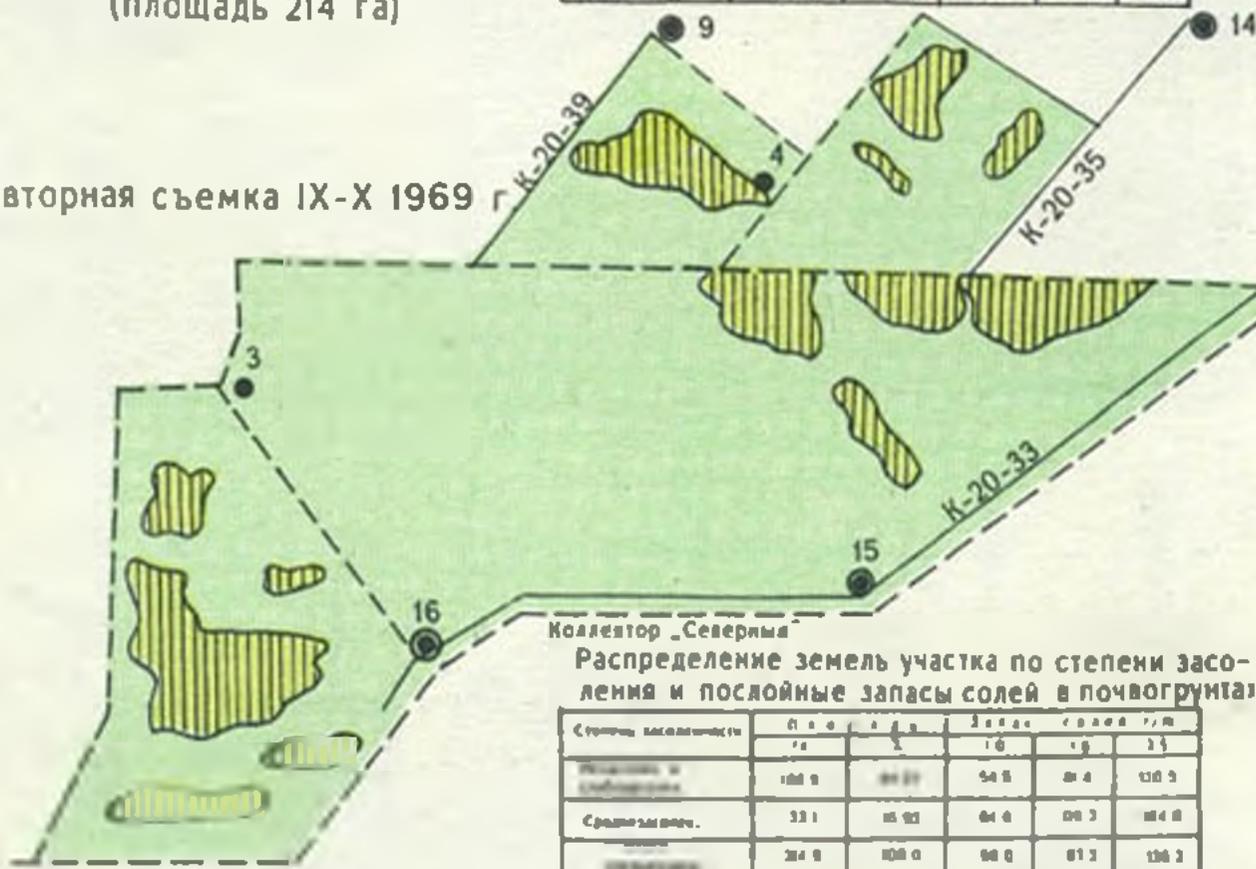


I Исходная съемка VIII-IX 1965г.
(площадь 214 га)

Распределение земель участка по степе-
ни засоления и послойные запасы солей в
почвогрунтах

Степень засо- ленности	П л о щ а д ь		З а п а с ы с о л е й т/га		
	га	%	1,0	1,6	2,5
Незасолен. и слабозасолен.	50,5	23,5	65,5	96,5	143,8
Среднезасолен.	65,9	30,7	88,5	133,5	191,5
Сильнозасолен.	78,7	36,8	127,0	197,0	273,5
Солончаки	18,9	9,0	179,0	234,0	281,0
Итого	214,0	100,0	460,0	662,0	890,8

II Повторная съемка IX-X 1969



Распределение земель участка по степе-
ни засоления и послойные запасы солей в почвогрунтах

Степень засо- ленности	П л о щ а д ь		З а п а с ы с о л е й т/га		
	га	%	1,0	1,6	2,5
Незасолен. и слабозасолен.	188,9	88,3	54,5	81,4	120,3
Среднезасолен.	33,1	15,4	64,0	96,3	141,8
Итого	222,0	103,7	118,5	177,7	262,1

Условные обозначения:

Почвы с содержанием солей в 0,5 и слое, сутой остаток, алор. 50.

Не засолен и слабозасолен. до 0,02% (0,02% - 0,2%)

Средне засолен. 0,25-0,02% (0,02% - 0,1-0,5%)

Сильно засолен. вертикальный дренаж

Сильно засолен. 0,1-1,0% (0,05-0,10%, 0,5-0,7%)

Солончаки > 1,0% (0,1-0,0%)

Или чистый дренаж

Так вычисляется суммарная мощность вертикального дренажа. Число колодцев и расположение их в пласте зависит от производительности каждой скважины, которая, в свою очередь, зависит от ее конструкции и особенностей литологического разреза. В каждом случае литологический разрез определяет выбор конструкции скважины вертикального дренажа и параметры его работы.

Все многообразие литологических разрезов бассейнов УзССР позволило выделить 15 типовых колонок, которые располагаются в виде 4 генетических рядов, соответствующих процессу формирования континентальных осадков гидрогеологических бассейнов. Они дают возможность по скважинам, заложенным в аналогичных условиях, прогнозировать дебиты, удельные дебиты и другие параметры скважин вертикального дренажа, а также выбирать конструкции и насосно-силовое оборудование.

Рекомендуемые конструкции фильтров следующие:

Номер литологического разреза	Оценки сложности строительства и эксплуатации скважин	Тип и конструкции фильтров
1, 2, 4 и 5	Простые (легкие)	Трубчатые с круглой или щелевой перфорацией со скважинностью 20—25%. Гравийный фильтр формируется в процессе строительных откачек
5, 9 и 10	Несложные	Трубчатые фильтры с круглой или щелевой перфорацией и стержневые с несортированной гравийной обсыпкой, размером от 1 до 30 мм. Толщина обсыпки 150—200 мм
3, 6, 11 и 13	Сложные	Трубчатые фильтры с щелевой перфорацией и стержневые фильтры с отсортированной гравийно-песчаной обсыпкой с размерами частиц 1—10 и 1—20 мм. Толщина обсыпки 200—300 мм
7 и 14	Весьма сложные	Трубчатые фильтры с щелевой перфорацией или каркасно-стержневые фильтры с тщательно отсортированной гравийно-песчаной обсыпкой (1—10 мм) большой толщины 300—450 мм.
12 и 15	Вертикальный дренаж может быть применен в сочетании с горизонтальным	Фильтры четвертичного типа

Наиболее высокодебитные скважины можно построить в мощных галечниковых и га-

лечнико-песчаных отложениях аллювиальных бассейнов первой гидрогеологической зоны, где водопроницаемость толщ достигает сотен и тысяч квадратных метров в сутки. Дебит скважин может достигать 100—200 л/с при удельном дебите 10—20 на 1 пог. м и поэтому могут быть применены более простые конструкции.

Аллювиальные бассейны второй гидрогеологической зоны обладают меньшей водообильностью. Водопроницаемость толщ изменяется несколькими сотнями, а иногда и десятками кубических метров в сутки. Проницаемость колодцев соответственно ниже — 20—50 л/сек и менее.

КОНСТРУКЦИЯ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Многочисленные скважины для сельскохозяйственного и городского водоснабжения, как правило, каптируют строго определенный водоносный горизонт (обладающий известными питьевыми качествами) в толще верхнего яруса подземных вод. В отличие от водоснабженческих скважин вертикального дренажа строятся глубиной от 50 до 100 м и должны забирать возможно больше воды из верхней части напорного комплекса подземных вод, качество которых, как правило, хуже.

Задача вертикального дренажа — обеспечение нисходящего тока грунтовых вод с покровного мелкозема в водоносный горизонт путем откачки из каптируемых пластов, что является залогом создания на мелиорируемых землях оптимального водно-солевого режима почвогрунтов, т. е. высокого мелиоративного эффекта. Поэтому при строительстве скважин вертикального дренажа водоприемная поверхность фильтра скважины должна принимать приток грунтовых вод и вод всех водосодержащих комплексов, тогда как в скважинах питьевого водоснабжения применяется специальный тампонаж для изоляции от притоков верхних вод.

Естественно, что чем выше дебит скважины вертикального дренажа, тем больше ее дренарующее влияние, поэтому с экономической точки зрения выгодно идти на увеличение удельного дебита за счет улучшения конструкции скважины.

Если диаметр фильтрового каркаса первых опытных скважин начала 30-х годов равнялся 8—10 дюймам, а в качестве фильтра применялись сетки, то в дальнейшем диаметр бурения стремились увеличить и довести его

до максимально технически возможных размеров — 1000—1200 мм.

Для обеспечения максимального притока воды в скважину соответствующего гидрогеологическим условиям разреза (как показывают исследования САНИИРИ в Голодной степи) необходим гравийный фильтр, состав которого подбирается с учетом литологического строения водоносной толщи. При такой конструкции дебит скважины во много раз (иногда в десятки раз) больше, чем обычных водоснабженческих скважин в аналогичных разрезах.

Соответственно уменьшению дебитов скважины от разрезов, сложенных аллювиальными галечниками и песками, к слоистым пролювиальным разрезам, в которых почти нет песков, площади, обслуживаемые каждой скважиной, уменьшаются от 400 до 40 га.

Для наиболее сложных литологических условий — суглинистых предгорных равнин — разработана другая схема скважины вертикального дренажа. В этих условиях разрез может быть приведен к однослойной схеме со средним коэффициентом фильтрации толщи от 1 до 3 м/сут. Фильтр скважины в этом случае должен обеспечить работу всего разреза. Лучше всего и в этих условиях показал себя гравийно-песчаный обсыпной фильтр, который позволяет доводить дебит скважины до 25—40 л/сек. Такие скважины построены в 60-х годах в новой зоне Голодной степи.

Результаты исследований на объектах республики показали, что для получения высоких дебитов при нормальной работе скважины вертикального дренажа необходимо, чтобы конструкция ее отвечала следующим требованиям:

диаметр фильтрового каркаса должен позволить проводить свободный монтаж и демонтаж насосно-силового оборудования и приборов автоматики и телемеханики, которые устанавливаются на 3—4 м ниже динамического уровня воды в скважине;

водоприемная часть скважины должна обеспечить максимальный водозабор при минимальном понижении воды в скважине, т. е. обладать минимальными входными сопротивлениями в прифильтровой зоне;

она должна предотвращать длительную суффозию грунта водоносного пласта и тем самым сохранять устойчивость устья, обеспечить нормальные условия работы насоса и, таким образом, гарантировать долгодлительный и бесперебойный дренаж.

Скважины, отвечающие этим условиям, позволяют свести к минимуму эксплуатационные затраты.

Указанным условиям лучше всего отвечает гравийный фильтр с рыхлой обсыпкой или формируемый из гравия водоносного пласта в сочетании с фильтровым каркасом большого диаметра, обладающий высокой скважностью.

Рациональные конструктивные элементы водоприемной части скважины определяются в соответствии с характеристикой водоносного пласта: фракциями водоносных пород и химическим составом воды, коэффициентами фильтрации разреза и мощностью водоносного пласта, а также допустимой величиной входной скорости воды в скважину.

Состав гравийной обсыпки должен предотвратить чрезмерный вынос песка из водоносного пласта, обвал устья скважины и искривление фильтрового каркаса. Частицы гравия должны создавать наилучшие условия сводообразования у отверстий фильтрового каркаса, а формируемый гравийный фильтр — обладать минимальным входным сопротивлением и способностью предотвратить кольматацию пор фильтра частицами водоносного пласта. Последнее требование можно удовлетворить регулированием скорости потока на контакте грунта водоносного пласта с гравийной обсыпкой. Величина входной скорости потока в прифильтровой зоне зависит от толщины и размера пор гравийной обсыпки, т. е. от крупности гравия.

Все эти положения приняты для обоснования при поиске оптимальной конструкции скважины в различных районах Узбекистана. Ниже приведены данные, полученные для строительства и эксплуатации высокодебитных скважин (50—200 л/сек) в аллювиальных песках старой зоны Голодной степи, где наилучшим материалом для формирования устойчивого фильтра является разнозернистая гравийно-песчаная смесь (табл. 46).

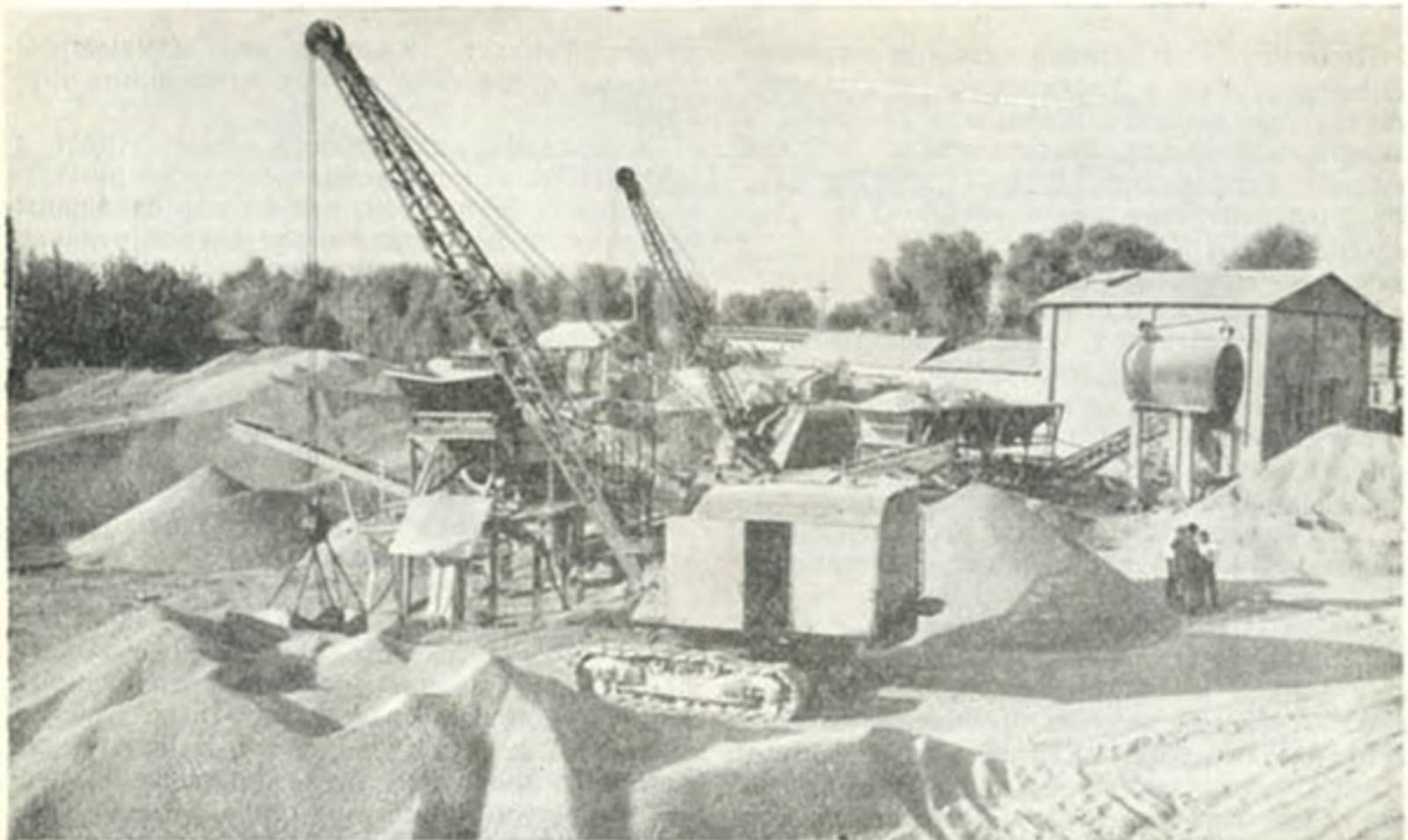
Коэффициент межслойности для тонкозернистых песков составит

$$\frac{L_0}{d} = 15 - 20,$$

для мелко- и среднезернистых 20 — 25, для крупнозернистых и гравелистых 25 — 35.

Коэффициент неоднородности подобранной обсыпки находится в пределах $\eta = 3 - 10$.

Длина фильтра определяется в зависимости от мощности эксплуатируемого пласта. Для гидродинамически совершенных скважин ее рекомендуется принимать немного меньше мощности каптируемого пласта при T до 10 м $l_{\phi} = T - (1 - 2)$ м, до 20 м $T - (2 - 3)$ м, от 20 до 40 м $T - (3 - 5)$ м. Для гидродинамически несовершенных скважин длину водо-



База инертных материалов для фильтра скважины.

приемной части следует определять из условия $l_{\phi} = (0,5-0,8) T$, но во всех случаях не более 25—30 м. Дальнейшее увеличение длины фильтра приведет к быстрому заилению ее нижней части и росту стоимости скважин. Поэтому длину фильтрового каркаса рекомендуется устанавливать из расчета обеспечения максимального дебита скважины (он должен быть на 15—20% больше проектного), т. е. из зависимости

Таблица 46

Характеристика грунта по содержанию фракций, %

Водоносный грунт	Диаметр фракций, мм			Содержание фракций в грунте, %		
	20-10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1
Тонкозернистый песок	—	20-13	15-10	21-17	15,0	31-35
Мелко- и среднезернистый песок	27	13-20	13-15	17-20	11-15	16-25
Крупнозернистый и гравелистый песок	40-27	15-13	10-13	15-17	10-14	10-16

$$l_{\phi} = \frac{1,2 Q_{max}}{2,4 K_{\phi}}$$

$$V_{2-10} = (90 - 120) \frac{1}{2} K_{\phi}$$

где K_{ϕ} — коэффициент фильтрации водоносного пласта,

$D_{сва}$ — внешний диаметр скважины, который определяется по формуле

$$D_{сва} = \frac{Q}{\lambda K_{\phi} l_{\phi}} \left(\frac{D_{50}}{d_{50}} \right)^2$$

$\lambda = 4500 + 15000$ — коэффициент, зависящий от длины фильтра. Для оптимальной длины (25—30 м) $\lambda = 7000 \pm 7500$.

Диаметр фильтрового каркаса прежде всего должен обеспечить свободный монтаж и демонтаж насосного силового оборудования и свободное размещение приборов автоматики и телемеханики. Кроме того, он должен обеспечить при минимальных потерях напора бесперебойную работу скважины в течение многих лет, что во многом зависит от скважности и диаметра фильтрового каркаса, определяемого по формуле

$$D_{\phi \text{ к.}} = \frac{Q}{\pi l_{\phi} K_{\phi}}$$

По опыту эксплуатации скважин с гравийными фильтрами в Узбекистане скважность каркаса предлагается принимать 15—20%, а размеры отверстий устанавливаются для круглой перфорации $D_{отв} = (1,2 \div 1,5) D_{50}$, для щелевой нарезки $l_{щ} = (2,5 \div 3,5) D_{50}$, $b_{щ} = (0,75 \div 1,0) D_{50}$, где $l_{щ}$, $b_{щ}$ — ширина и длина щелей.

Работа скважин в высокоминерализованных грунтовых водах создает возможность выхода их из строя вследствие коррозии фильтра. Поэтому если на первом этапе поиски оптимальной конструкции фильтра скважин ограничивались подбором фильтра и определением необходимой скважности фильтров колонн, то позже начаты работы по изысканию коррозионноустойчивых материалов для фильтров. Одно такое решение предложено САННИРИ и внедрено впервые в нашей стране на скважинах вертикального дренажа в новой зоне Голодной степи. Это замена фильтрового каркаса из цельнотянутых металлических труб фильтром из асбестоцементных труб. Опытная их эксплуатация показала высокие качества. Другим направлением явился поиск полимерных фильтровых труб из полиэтилена, поливинилхлорида и др., ведущийся САННИРИ, Главсредазирсовхозстроем и ММВХ УзССР.

МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Первый опыт строительства скважин в Узбекистане относится к 1928 г., когда П. В. Макридин заложил скважину глубиной 70 м. Фильтр формировался за счет естественного гравийного материала, слагающего каптируемый пласт. Конструкции скважин и методы их строительства претерпели большие изменения. В 50-х годах Г. Д. Антонова применила каркасно-сетчатый фильтр с гравийным заполнением, этот метод дал снижение удельных дебитов в 2 раза.

В 1952 г. Узбекским гидрогеологическим трестом построен ряд скважин по методу Панкратова, при котором фильтр создавался постепенной засылкой в затрубное пространство гравийного материала по мере раскочки скважины эрлифтной установкой. Метод Панкратова не позволил получить высокие дебиты.

При строительстве Мирзачульской опытно-производственной системы скважин применили метод Беннисова, сущность которого заключается в загрузке гравийного материала в забой в период строительных откачек через 8 питающих колодцев, вскрывающих во-

доносный пласт. Колодцы эти (диаметром 100 мм) обсаживаются металлическими трубами.

Узбекский гидрогеологический трест с САННИРИ и Узгипроводхозом усовершенствовали этот метод тем, что фильтр скважины устраивался до начала строительной откачки путем создания гравийной завесы в каптируемом пласте; гравийный фильтр формировался в процессе откачки в результате выноса песка, находящегося между стенками основной скважины (в которую опускался фильтровой каркас) и 5—6 вспомогательными скважинами. Этим методом в Голодной степи построен ряд скважин и получены относительно лучшие показатели (табл. 47). Однако метод оказался неэкономичным.

Не получило также распространения предложение Узбекского управления Гидроспецстроя на Шурузякском участке по свайному методу сооружения противофильтрационных завес с помощью ударно-канатных станков типа УКС-22 и УКС-30 из-за крайне низких скоростей проходки в супесях, суглинках, песках и гравии.

Лишь в 1960—1963 гг. после ряда экспериментов САННИРИ, Гидроспецстроя, Пастбищно-мелиоративного треста по разработке наконечника (долота) типа РХ, а затем модернизации трехшарошечного перешли к устройству скважин роторно-вращательными станками типа УРБ-2АМ, УРБ-3АМ и АБВ-400 с диаметром до 1200 мм.

Внедрение этого метода с применением глинистого раствора для закрепления стенок и с выносом разработанного в забое скважин шлама позволило в 2—2,5 раза повысить скорость проходки и срок ее строительства (см. табл. 47).

Общая продолжительность проходки скважин глубиной 65—70 м составила 4—6 суток против 8—12 при ударно-канатном бурении, а скорость проходки достигала 1,5—2,5 м/ч в суглинистых и 0,75—1,1 м/ч в песчаных грунтах. Были достигнуты высокие показатели и по остальным критериям оценки способов бурения. Поэтому данный метод нашел широкое применение при строительстве скважин вертикального дренажа сначала в Узбекистане, а затем во всех республиках Средней Азии. Только в Узбекистане (Голодная степь, Бухарская и Ферганская области) этим способом пробурено более 800 скважин.

Однако применение глинистого раствора для временного закрепления стенок скважины усложняет процесс формирования гравийного фильтра, особенно в гравелисто-галечниковых отложениях. Обязательное условие

Таблица 47

Технические характеристики способов производства работ (строительство скважин глубиной 65—70 м в Узбекистане)

Показатель работы скважин	Методы устройства обсыпного гравийного фильтра			
	через вспомогательные скважины (гравийные завесы)	бурение скважин большого диаметра		
		ударно-рамными станками	ротационно-вращательными станками	вращательно-всасывающими станками
Общее количество пробуренных скважин на 1.1.1976 г.	8	32	Более 800	Около 1100
Общая продолжительность бурения (в зависимости от грунтов), сутки	10—15	4—22	4—6	2,0—3,0
Общие затраты гравия, м ³	90—100	55—60	55—150	60—65
Продолжительность строительных отработок, сутки	20—30	5—10	5—10	3—5
Общая продолжительность строительства, сутки	30—65	15—20	10—15	6—10
Удельные дебиты, л/сек:				
в тонкозернистых песках	3,—4,5	—	3—4,5	3,5—5,0
в мелко- и среднезернистых песках	4,0—6,0	4,5—6,0	4,5—6,5	4,5—6,0
в гравелистых песках	—	8—15	8,15	10—17
Стоимость строительства скважин, тыс. руб.	26,0	11,5	11,5	7,01

успешного формирования фильтра — немедленные строительные откачки вслед за окончанием бурения ствола скважины; в противном случае происходит глинизация ее стенок.

С целью разработки и усовершенствования технологии строительства скважин методом обратной промывки с 1967 г. впервые в Советском Союзе в Голодной степи началось испытание станков вращательно-всасывающего бурения (ФА-12, УВД-100). Принципиальное отличие бурения вращательно-всасывающим методом от других — закрепление стенок скважины чистой водой за счет гидростатического противодействия (поддержание уровня воды в стволе скважины на 2—3 м выше зеркала грунтовых вод) и создание больших скоростей промывной воды для выноса разработанного в забое шлама. Для успешного бурения скважины таким методом необходимо во время проходки ствола иметь постоянный ток чистой воды расходом в 35—65 л/сек. В противном случае нарушится гидростатическое противодействие и в рыхлых породах возникает опасность обрушения стенок скважин. Этот метод обеспечивает наилучшие условия для формирования надежного гравийного фильтра и получения максимального удельного дебита; скорость бурения при этом увеличивается в 2,5—3 раза, а диаметр бурения может быть доведен до 3000 мм.

Удельный дебит скважин, построенных в тонко-, мелко- и среднезернистых песчаных водоносных пластах, изменяется от 4,5 до 7,0 л/с, а в гравелистых песках до 10—17 л/с. Скорость проходки в супесчано-суглинистых грунтах составляет 2,8—5,0 м/час, а в разнозернистых песках 4,5—5,0 м/час, т. е. в 2,5—

3,0 раза больше, чем при бурении скважин ротационно-вращательным способом. Затраты времени на строительство скважин глубиной 65—70 м в зависимости от категорий грунта в капитруемом пласте составляют 6—10 суток (см. табл. 47).

Вращательно-всасывающий метод бурения нашел широкое применение, в Узбекистане пробурено 1100 скважин, которые дали отличные результаты (см. табл. 47). Следует отметить, что создание искусственного фильтра вокруг перфорированного каркаса, подобранного в соответствии с фракционным составом грунта водоносного пласта, завершается в процессе строительных откачек. Для улучшения формирования устойчивого фильтра строительную откачку проводят в соответствии с определенным режимом (табл. 48).

Эксплуатационный дебит скважины назначается на 15—20% меньше максимального,

Бурение скважины вертикального дренажа.



Таблица 48

Режим строительных откачек

Грунт каптируемого пласта	Первое поднятие, 5-7 м		Второе поднятие, 5-7-10 м		Третье поднятие, 5-10-15 м		Общий срок строит. откачек, сутки
	л с	сутки	л с	сутки	л с	сутки	
Песок тонкозернистый	15-20	До 4	20-30	3-4	30-50	3-4	9-12
мелкозернистый	25-35	3-4	40-60	2-3	60-80	2-3	7-9
среднезернистый	30-40	2-3	50-70	2-3	70-100	2-3	6-8
крупнозернистый	40-50	До 2	50-70	До 2	То же	До 2	До 6
гравелистый	50-60	То же	60-90	До 1	100	До 1	До 4
Гравий и галечник	100	До 1	60-80	То же	60	То же	До 3

полученного в период строительных откачек. Если водопрямная часть скважины расположена в водоносном пласте, представленном тонко-, мелко- и среднезернистыми песками, то при строительной откачке нельзя допускать частых и резких остановок, так как в этом случае усиливается вынос мелкозернистого песка, что может привести к обрушению устья скважины и искривлению фильтрового каркаса. И, наоборот, из скважины, расположенных в гравелистых песках и гравийно-галечниковых отложениях, целесообразно вести откачку с резкими остановками оборудования, установленного для этой цели. Это усиливает вынос мелких и отложение более крупных частиц в прифильтровой зоне скважины, что ускоряет формирование естественного обратного фильтра и увеличивает удельный дебит.

Строительную откачку в начальный период обычно проводят при помощи эрлифтной установки, так как в это время усиленно выносятся песок, который может вызывать износ трущихся частей насоса. Окончанием строительной откачки считается достижение максимального дебита при стабилизации динамического уровня воды в скважине и прекращение выноса песчаных частиц.

Продолжительность формирования устойчивого фильтра при толщине обсыпки, равной 235-410 мм, и правильном подборе фракционного ее состава можно определить по формулам, полученным на основании анализа опытных данных (Голодная степь):

$$T = \alpha \frac{D_{\text{ср}}}{Q} \cdot K \lg VQ,$$

где T — продолжительность строительных откачек, сутки,

α — коэффициент, учитывающий способ бурения скважин,

$D_{\text{ср}}$ — средний диаметр частиц гравийной обсыпки, мм,

$d_{\text{ср}}$ — средний диаметр частиц грунта водоносного пласта, мм,

K — коэффициент, учитывающий толщину гравийной обсыпки,

$$K = \frac{0,59 - r}{0,59} \quad (r \text{ — толщина гравийной обсыпки}),$$

Q — дебит скважины, л с.

При проходке скважин роторно-вращательными станками $\alpha=0,75$, вращательно-всасывающими станками $\alpha=0,5$; объем гравия, необходимый для формирования фильтра, можно определить с учетом его уплотнения и растекания, а также дополнительного погружения материала обсыпки по формуле

$$V = 0785 K_v (D_{\text{ср}}^2 - d_{\text{ф.к}}^2) H,$$

где K_v — коэффициент, учитывающий уплотнение, растекание обсыпки и дополнительное погружение гравия при строительной откачке; он определяется с учетом фракционного состава гравийной обсыпки и грунта каптируемого пласта по формуле

$$K_v = e^{0,009 \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{ф.к}}}},$$

$D_{\text{ср}}$ — диаметр скважины, м;

$d_{\text{ф.к}}$ — диаметр фильтрового каркаса, м;

H — глубина скважины, м.

При подборе гравийной обсыпки в соответствии с гранулометрическим составом грунта водоносного пласта этот коэффициент может быть принят равным 1,2-1,3, в противном случае он увеличивается до 2,0 и более.

НАСОСНО-СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ НА СКВАЖИНАХ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Артезианские насосы типа ВП, АТН, 1211А, которые применялись в начале строительства опытно-производственных систем, не

удовлетворяли требованиям скважин вертикального дренажа, в САННИРИ разработана серия вертикальных пропеллерных насосов: ВП×5×24, а затем — ВП-16, ВП-12, ВП-8 с подачей расходов соответственно 120—200, 60—120, 20—40 л/сек и напорами от 10 до 30 м. Осевые насосы ВП-16 и ВП-8 испытывались на опытно-производственных системах; они показали достаточную выносливость: межремонтный период работы доходил до 8 тыс. часов. Изучалась и работа насосов типа 12 НА и АПН-14, указанных в проектах. Однако все вертикальные осевые артезианские насосы обладают общим недостатком: длинный вращающийся вал с множеством трущихся деталей чувствителен к малейшим искривлениям ствола скважины. Обрывы и изгибы валов — наиболее частые аварии на скважинах вертикального дренажа, особенно если она «пескует» при пусках.

В 1964 г. САННИРИ совместно с СКБ по бесштанговым насосам составили первые технические условия на разработку электропогружных насосов для скважин вертикального дренажа, а в 1968 г. созданные ЦНИИхиммаш значительно модернизированные электронасосы типа ЭЦВ 10-120-60, ЭЦВ 12-255-30 и ЭЦВ 12-375-30 сданы в серийное производство; диапазон их типоразмеров резко расширился, но все же ощущается ограниченность и несоответствие параметров их требованиям производства. Для удовлетворения этим требованиям необходимо расширить диапазон типоразмеров насосно-силового оборудования для вертикального дренажа.

В течение 1970—1971 гг. все установки вертикального дренажа были переоборудованы на указанные марки насосов, которые оказались надежными в эксплуатации. Средний срок эксплуатации насосов—4—6 тыс. часов.

В лаборатории водоподъемных машин САННИРИ (В. П. Машков и др.) разработана конструкция насосов, более устойчивых против минерализованных грунтовых вод и в условиях пескования, а также дроссельные устройства для автоматического пуска насосов. Внедрение их в производство позволит удлинить средний срок службы насосов до 10—12 тыс. часов.

ВНЕШНЕЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СКВАЖИН ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА И ИХ УПРАВЛЕНИЕ

Все установки вертикального дренажа питаются от линий высоковольтных электропередач и специальных распределительных се-

тей ЛЭП на 10 кв, отводимых от понижительных подстанций 35/10 квт.

Первые установки вертикального дренажа подключились к работающим подстанциям, позже для электроснабжения развивающихся систем вертикального дренажа начали строиться самостоятельные подстанции 110/35 и 35/10 кв.

Высоковольтные линии, как правило, делаются воздушными, трассы их прокладываются вдоль дорог, каналов коллекторов, лесополос с тем, чтобы они не мешали работе сельскохозяйственной авиации. В этих целях в проектах предусматриваются комбинированные ЛЭП с кабельной разводкой к каждой скважине.

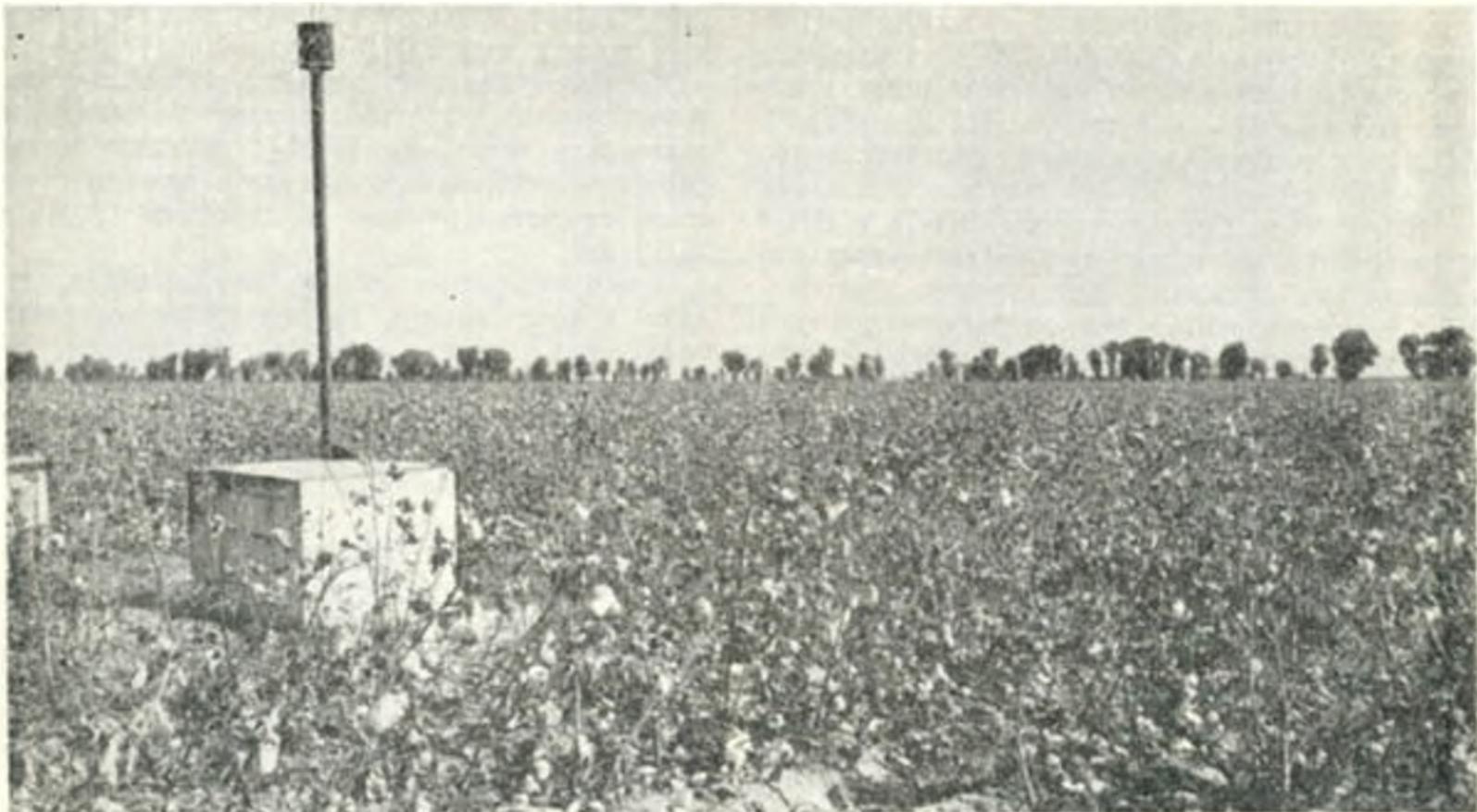
На первых этапах установки вертикального дренажа оборудовались насосными агрегатами АПН-14 с электродвигателями АВШ-75, АВШ-55 мощностью соответственно 75 и 55 квт. Для питания этих установок применяли комплектные подстанции наружной установки типа КТП-100 с трансформаторами мощностью 100 квт.

Станция управления насосами разработана Узгипроводхозом в 1960 г., позже несколько раз модернизировалась. Она выполнена в шкафу наружной установки и содержит элементы местного и телемеханического управления, а также ряд защит, обеспечивающих надежную работу агрегата.

По мере поступления новых насосов марки ЭЦВ с погружными электродвигателями мощностью 32, 45, 65 квт стали устанавливаться комплектные подстанции КТП-63 с трансформаторами мощностью 63 квт.

В 1967 г. в М.МиВХ СССР приняты меры к разработке устройств автоматического управления скважинными электронасосами типа ЭЦВ с погружными электродвигателями мощностью до 50 квт, в 1970—1971 гг. новыми комплексными станциями управления типа ШЭТ начали оснащаться скважины вертикального дренажа.

Вопросы телемеханизации управления системами скважин вертикального дренажа начали исследовать еще при проектировании первых опытно-производственных систем. Первая экспериментальная установка телеуправления работы системы скважин вертикального дренажа, разработанная Институтом энергетике АН УзССР, установлена на Каганской опытно-производственной системе вертикального дренажа в Бухарской области в 1963 г. Она позволяла с пульта управления включать и отключать скважины, а также получать путем опроса сигнал «работает — не работает».



Радиоуправление работой скважины вертикального дренажа.

На опытно-производственной системе вертикального дренажа совхоза «Пахтаарал» с помощью установок ТЧР-61 осуществляется телеуправление 22 скважинами.

Дальнейшими разработками вопросов телеуправления систем вертикального дренажа занимаются научно-исследовательские (САИИРИ, КиргНИИВХ) и проектные организации. Вместе с тем совершенствуются и станции автоматических установок управления вертикального дренажа, в частности КиргНИИВХ разрабатывает бесконтактную, более надежную схему.

Пульт управления скважиной вертикального дренажа.



Голодностенстрой совместно с САИИРИ внедряет автоматизацию работ скважин вертикального дренажа в совхозах «Фархад» и им. Мичурина на площади более 6 тыс. га.

РЕЖИМ ОТКАЧЕК

Особенности формирования фильтра, связанные с его укладкой под действием гидродинамических сил в процессе строительной откачки, требуют соответствующего режима эксплуатации. Обсыпкой гравийный фильтр будет работать тем дольше и безотказней, чем равномерней и непрерывней будет эксплуатироваться скважина. Известно, что любая остановка ее и новый пуск вызывают вынос мелкозернистого песка с откачиваемой водой, что свидетельствует о временном нарушении целостности гравийного фильтра.

Обычно, если нарушение сложения фильтра небольшое, скважина «пескует» первые несколько минут; если остановка и пуск повторяются часто и многократно, компоновка фильтра значительно нарушается и пескование скважины при пусках увеличивается. Нередко нижняя часть ствола скважины заносится песком; скважина уменьшает дебит, теряет эксплуатационные качества и может выйти из строя.

Таблица 49

Режим работы систем вертикального дренажа в мелноративный период

Тип, режим	Почвенно-мелноративные и гидрогеологические условия применения	Примерные объекты внедрения	Рекомендуемая глубина грунтовых вод по периодам гидрологического года				Продолжительность работы дренажа, скв скважин в год	Почвенно-деградательный процесс
			IX—XI	XII—II	III—V	VI—VIII		
Непрерывный тип режима. Круглогодичный с постоянным максимальным дебитом	Тяжелые. Средне- и сильнозасоленные земли на площади более 50%. Мощность мелкоземов Т=20—35 м с К=—0,1 м/сутки	Голодная степь, Шурзуякский, Сардобинский массивы	3,0—4,0	1,0—1,5	1,0—2,5	2,5—3,0	280—300	Полуавтоморфный
	Легкие. С поверхности почвогрунты незасоленные с глубоким залеганием уровня грунтовых вод (10—15 м) и с большими запасами солей в нижних горизонтах Т=10—25 м, К=0,05—0,2 м/сутки	Голодная, Каршинская, Шерабахская степи и другие районы	Более 10				250—300	Автоморфный
Круглогодичный с различными дебитами по периодам гидрологического года и переменным числом скважин	Средние. Средние и сильнозасоленные земли на площади 30—50%. Т=—15—30 м, К=0,1—0,2 м/сутки	Пахта-аральский, Джетысайский и Киргизский район, Голодная степь	3,0—4,0	1,0—1,5	2,0—2,5	2,5—3,0	250—270	Полуавтоморфный
Переменный тип режима								
Переменный по периодам гидрологического года с постоянным дебитом	Легкие. Средне- и сильнозасоленные земли (менее 30%). Мощность мелкоземов Т=10—15 м с К=0,2—0,5 м/сутки	Ферганская и Бухарская области	1,9—1,5	1,3—1,8	1,6—1,9	1,8—2,5	210—240	Полугидроморфный
Переменный по периодам гидрологического года с различным дебитом и переменным числом скважин	Легкие. Средне- и сильнозасоленные земли на площади 35—40%. Т=10—15 м, К=0,2—0,5 м/сутки	Бухарская и Ферганская области	2,5—3,0	3,0—3,5	1,8—2,0	2,3—2,8	230—240	Полугидроморфный
			1,9—2,5	1,3—1,8	1,6—1,9	1,8—2,5	230—240	морфный

Гравий сверху часто подсылают некондиционным составом, обычно это крупная смесь. Постепенно опускаясь и замещая гравийную обсыпку, эта смесь создает слишком крупнопористый фильтр, который может привести к аварии.

Таким образом, современная конструкция фильтра скважин вертикального дренажа, capturing водонесные пласты, представленные мелко- и тонкозернистыми песками, для долговременной и надежной работы требует постоянной и равномерной эксплуатации скважин в отличие от построенных в лучших гидрогеологических условиях, где откачка ведется из гравелистых и галечниковых отложений. Именно скважины, находящиеся в такой эксплуатации, показывают постоянство

дебита и сохранение всех паспортных данных вот уже более 10 лет.

К сожалению, этого нельзя сказать о многочисленных скважинах, расположенных на орошаемых землях. Здесь отмечаются частые простои скважин — до 100—120 дней и более в год (по самым разнообразным причинам).

Пескование скважины, связанное с частыми остановками, не только разрушает фильтр, сформированный из гравийного материала в мелкозернистых capturable пластах, но и губительно действует на эксплуатацию насосно-силового оборудования, выводя его преждевременно из строя.

Нарушение режима эксплуатации, помимо «пескования» и попутных отрицательных яв-

лений, приводит к общему снижению эффективности работы системы вертикального дренажа. В связи с этим при составлении режима откачек по системе скважин вертикального дренажа в хлопковой зоне УзССР необходимо выполнить следующие требования:

1) создание свободной емкости в толще почвогрунтов, необходимой для проведения промывок более высокими нормами;

2) понижение поднявшегося после первых промывок уровня грунтовых вод на глубину, обеспечивающую условия свободной инфильтрации последующих промывных поливов;

3) предотвращение реставрации засоленных земель после промывок;

4) поддержание уровня грунтовых вод на глубине, обеспечивающей оптимальные условия проведения предпосевных обработок полей и посевов хлопчатника;

5) удаление по окончании вегетационных поливов избыточной влаги для ускорения созревания хлопчатника.

Многолетние исследования действующих систем вертикального дренажа позволяют предложить следующие типы режимов его работы: непрерывный и прерывистый. Первый в зависимости от суммарного дебита системы и продолжительности ее работы разделяется на 3 подтипа, второй — на 2 (табл. 49).

РАБОТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА И ДРЕНИРОВАННОСТЬ ЗЕМЕЛЬ

Вертикальный дренаж, откачивая воду из песчаных слоев, снижает в них пьезометрические напоры и создает дренирующий эффект в толще покровных суглинков.

Системы вертикального дренажа и их нормальная эксплуатация создают определенную дренированность массива — необходимый фон для рассоления земель.

Для использования дренированности, созданной вертикальным дренажем, всем хозяйствам-землепользователям необходимо осуществлять в течение ряда лет планомерную программу комплекса мероприятий мелноративного периода (тщательные планировки земель, своевременная зяблевая пахота и осенне-зимние промывные поливы засоленных земель, правильный промывной режим в вегетационный период, своевременная культивация после поливов и др.). Только в этом случае будет по-настоящему использована дренированность, созданная вертикальным дренажем, и процессы рассоления земель примут необратимый характер.

Анализ многолетних наблюдений показывает, что на всех участках вертикального дре-

нажа водный и солевой режимы после ввода в эксплуатацию скважин складываются по типу рассоления. Система значительно повлияла на улучшение дренированности земель: по данным пьезометрических исследований и по водному балансу среднегодовой отток грунтовых вод из покровных мелкоземов составил 3—7 тыс. м³/га.

Увеличение дренированности земель позволило регулировать режим грунтовых вод и тем самым создать условия для необходимых промывных поливов с целью рассоления земель и проведения промывного режима орошения.

На Пахтааральском и Каганском участках на промывку стало возможным подавать 3,5—5,6 тыс. м³/га и более, а в совхозе «Социализм» с сильнозасоленными поверхностями для освоения гипсированных солончаков культурой риса и без нее промывные нормы достигли 30—40 тыс. м³/га; из них 12—14 тыс. м³/га отведено из толщи покровных отложений вертикальным дренажем. Осредненные данные показывают, что за 1966—1970 гг. по Пахтааральской системе суммарный вынос солей из толщи покровных суглинков составил 384 т/га, по совхозу «Социализм» — 265 т/га, а по совхозу «Каган», где мощность покровного мелкозема всего 5 м — 157,2 т/га.

Темпы рассоления почвогрунтов в зависимости от их исходного засоления, солеотдачи, подподачи, работы системы дренажа и уровня агротехники на указанных участках были различными, но всюду достаточно высокими: от 15 до 40 т/га в год. Изменения произошли и в составе солей, резко снизилась их токсичность.

В результате рассоления почвогрунтов на рассматриваемых участках улучшилось мелноративное состояние земель, повысилась их плодородие. В совхозе «Пахтаарал» на площади 7500 га (4 отделения) за четыре года (1966—1969) были ликвидированы пятна засоленных земель разных категорий; исходная площадь составляла 2400 га.

Из общей площади 7500 га по степени засоления в 1965 г. 5088 оказались незасоленными и слабозасоленными, 800 — среднезасоленными, 1112 — сильнозасоленными и 500 солончаками, в 1969 г. соответственно 7103, 300 и 97, солончаков не было.

Средневзвешенный по всем категориям засоленности вынос солей из почвогрунтов зоны аэрации к 1969 г. составил 75—80% всего количества солей, подлежащих удалению (рис. 61).

Данные исследований подтвердились повышением урожайности хлопчатника. Так, если среднемноголетняя урожайность хлопчатника

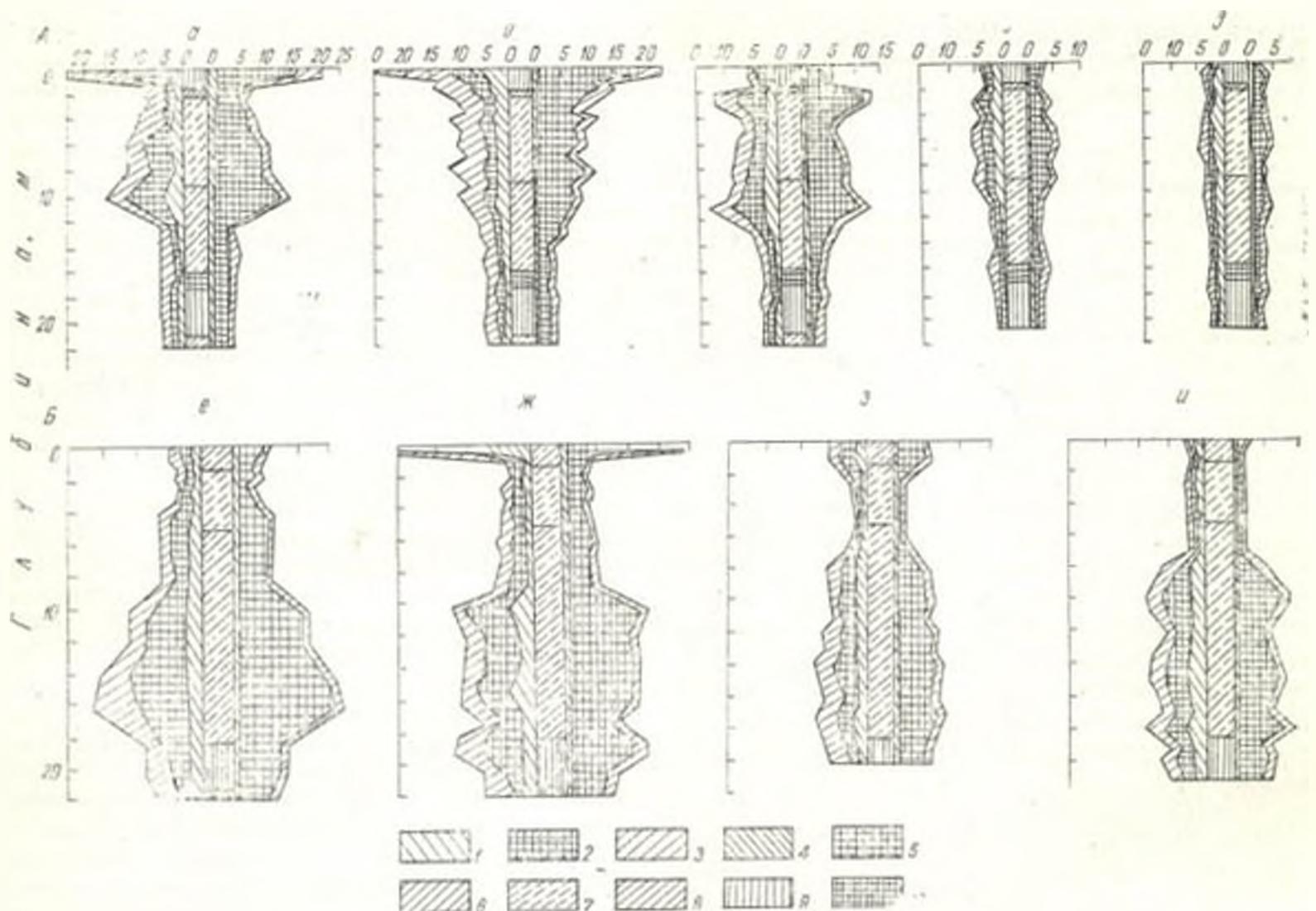


Рис 61. Динамика запасов солей (мг·т) в покровном мелкоземе орошаемого поля в совхозе «Пахтаарал»:

А — опорная точка № 2; а — июль 1961 г., б — октябрь 1962 г., в — июль 1966 г., г — ноябрь 1970 г., ж — октябрь 1971 г.; Б — опорная точка № 5; е — июль 1967 г., ж — ноябрь 1968 г., з — ноябрь 1970 г., и — октябрь 1971 г.; 1 — Mg, 2 — Ca, 3 — Na — K, 4 — HCO_3 , 5 — SO_4 , 6 — Cl, 7 — сульфиды, 8 — сульфиды, 9 — сульфиды средние, 10 — глина

до ввода дренажа была равна 25,5 ц/га, то в 1967—1972 гг. она составила 28,5 ц/га, а в 1973—1977 гг. повысилась до 37—43 ц/га.

В совхозе «Социализм» площади незасоленных и слабозасоленных земель увеличились с 917 до 2202 га за счет уменьшения сильнозасоленных, солончаки общей площадью 965 га полностью перешли в категорию средне- и сильнозасоленных. На участке Каганской опытно-производственной системы площади незасоленных и слабозасоленных земель возросли в 2 раза; практически все земли были рассолены.

Не менее показательны приросты посевных площадей за счет освоения сильнозасоленных и гипсированных солончаковых земель в совхозе «Социализм» после ввода системы вертикального дренажа, чего нельзя было добиться в условиях работы открытой КДС. Так, если с 1960 по 1963 г. общая посевная площадь участка увеличилась только на 286 га, то с 1964 по 1976 г. она возросла на 1914 га, достигнув при этом 2576 га против 864 га в 1963 г.

В результате постепенного улучшения мелиоративного состояния земель путем рассоления

почвогрунтов, опреснения грунтовых вод и поддержания их на заданных глубинах заметно увеличилась урожайность хлопчатника и других культур.

Значительный эффект получен от скважин вертикального дренажа в новой зоне Голодной степи. Здесь наряду с эффективнодействующими скважинами вертикального дренажа в совхозах «Андижан», «Фергана», им. Сегизбаева и др., где поддерживается опресняющий полуавтоморфный мелноративный режим на площади более 15 тыс. га, имеются системы скважин, позволяющие успешно рассолить первично- и вторичнозасоленные земли в совхозах «Фархад», «XXIII партсъезд», им. Мичурина, Гагарина, Узакова. Темпы рассоления здесь более быстрые, чем на фоне горизонтального дренажа. Кроме того, на некоторых участках совхозов им. Мичурина и им. Гагарина удалось за счет создания автоморфного режима добиться естественного рассоления земель при помощи осадков и промывного режима орошения без специальных промывных поливов.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ДРЕНАЖ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ И ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Общая мощность вертикального дренажа в перспективе по Узбекской ССР составит 270 м³/сек, воды будет откачиваться 7040 скважинами (табл.50). Как правило, воды, откачиваемые из аллювиальных песчано-гравелистых и галечниковых отложений (пресные или слабо-минерализованные), имеют общую минерализацию 1—3 г/л, реже 3—5 г/л и более; по типу они гидрокарбонатно-сульфатные и хлоридно-сульфатные. Их можно использовать на промывку и вегетационные поливы непосредственно и в смеси с арычной.

Наземные сооружения у каждой установки вертикального дренажа предусматривают возможность использования откачиваемой воды на орошение и отвод ее в сбросную коллекторную сеть в период, когда вода не используется. Опыты показывают, что на промывку засоленных земель при промывном режиме орошения можно использовать откачиваемые воды с минерализацией до 5—7 г/л сухого остатка.

В совхозе «Социализм» откачиваемыми водами были промыты сильно гипсованные солончаки тяжелого механического состава, на этих землях уже на третий год после освоения урожай хлопка-сырца достиг 25—28 ц/га. Такие же результаты были получены в совхо-

зах «Каган», «Бухара» Бухарской области и в Ферганской долине.

По данным многолетних исследований, проведенных в Шурузьякском понижении в совхозе «Социализм», где минерализация воды колеблется в пределах 1,5—2,0—3,5 г/л, можно заключить, что при правильном режиме орошения, при использовании на поливы откачиваемых вод урожай хлопка-сырца получается такие же, что и при орошении поверхностной водой. Наблюдается проявление попутного эффекта, не менее важного, чем рассоление земель: резкое уменьшение поражаемости хлопчатника вилтом. Это позволяет уверенно рекомендовать использование на промывку откачиваемых вод с минерализацией до 5 г/л без смеси с арычной, а на вегетационные поливы до 2 г/л; в остальных случаях необходимо обязательное смешение их с арычной. Воду с минерализацией более 5—7 г/л желательно отводить за пределы орошаемой территории.

Многолетний опыт эксплуатации скважин вертикального дренажа в различных природных и приращно-хозяйственных условиях Узбекистана показывает, что продолжительность использования откачиваемых вод составляет не более 5—5,5 месяца в мелноративный период и еще меньше в эксплуатационный.

Таким образом, в условиях республики общее количество воды для орошения с учетом откачиваемых минерализованных вод при средней продолжительности работы скважин в

Таблица 50

Вертикальный дренаж в Узбекистане и перспективы использования откачиваемых вод на орошение

Область	Вертикальный дренаж в перспективе (по данным САИИЗР(1))					Вертикальный дренаж на 1-1-1973 г.				
	число скважин, шт.	общая мощность, м ³ /сек	сток, млн. м ³		возможная площадь орошения за счет откачиваемых вод, тыс. га	число скважин, шт.	мощность, м ³ /сек	сток, млн. м ³		возможная площадь орошения за счет откачиваемых вод, тыс. га
			общий	возможный к использованию				общий	возможный к использованию	
Андижанская*	580	40	864	268—382	38—55	18	1,2	26	9—13	1,3—1,9
Ферганская	340	20	432	150—216	21—31	146	6,6	143	49—72	7,1—10,3
Наманганская	315	15	324	113—162	16—23	—	—	—	—	—
Ташкентская	152	11	238	83—119	12—17	21	1,5	20	11—15	1,6—2,0
Сырдарьинская**	2102	107	2310	562—810	116—166	962	43,2	935	327—468	46,8—65,9
Самаркандская	140	7	151	53—76	8—11	—	—	—	—	—
Бухарская	728	26	562	196—280	28—40	98	3,8	82	29—41	4,2—5,9
Кашкардарьинская	763	23	497	150—215	25—35	—	—	—	—	—
Сурхандарьинская	1755	16	316	121—173	17—25	—	—	—	—	—
КК АССР	155	5	108	37—54	5—8	—	—	—	—	—
Итого	7040	270	5832	1737—2188	248—316	1233	56,3	1216	425—609	61—87

* По Андижанской области даны данные Узгипроиродхоза (ТЭД по вертикальному дренажу).

** В Сырдарьинскую область включены земли северо-западной части Голодной степи (КазССР)

Таблица 51

Сравнительная эффективность типов дренажа, рассчитанная для территории одинаковой дренируемости (по Х. Якубову)

Показатель	Тип дренажа			
	открытый	закрытый	открытый	закрытый
Коэффициент земельного использования (КЗИ), %	87—90	95—96	98—99	96—97
Увеличение орошаемой площади за счет внедрения совершенной техники дренажного орошения, т. е. повышения КЗИ, %	—	8	10—11	9
Улучшение дренируемости земель за счет обеспечения стабильной глубины дренажа (закрытого), предотвращение поверхностного сброса и увеличения скорости снижения грунтовых вод, %	—	15—25	25—30	20—30
Диапазон регулирования уровня грунтовых вод, м	1,5—2,0	1,5—2,5	2,0—5,0	2,0—2,5
Продолжительность межкратного периода, год	15—20	5—8	3—5	4—6
Ускорение темпа рассоления почв и грунтов за счет создания оптимального межкратного режима (увеличения свободной емкости почв и грунтов), раз	1,0	1,25—1,3	1,5—2,5	1,3—2,0
Экономия вод, %				
за счет создания лучшего межкратного режима и ускорения темпа рассоления за счет ликвидации поверхностного сброса	—	15—25	25—40	25—30
Затраты, руб/га				
на строительство	100	40	100—150	170
на эксплуатацию	15—20	15—20	30—50	10—15

году (250 дней), а также коэффициентов использования их на промывки и вегетационные поливы в мелноративный и эксплуатационные периоды составит 1737—2488 млн. м³ (табл. 51). Это можно приравнять к полезной емкости 2—3 водохранилищ, таких как Каттакурганское. Этим количеством воды можно оросить 248—346 тыс. га при общем дебите откачиваемых слабо- и среднеминерализованных (до 10 г/л) вод 235 м³/сек. К 1976 г. эксплуатируемыми системами вертикального дренажа в УзССР откачено 79,8 м³/сек, или 1743 млн. м³ воды, из них можно использовать 610—872 млн. м³, чтобы оросить 89—126 тыс. га.

В целях осушения городов в Узбекистане будут построены дополнительно более 2 тыс. скважин, которые будут откачивать преимущественно пресные подземные воды. Как правило, скважины каптируют более глубокие горизонты напорного комплекса подземных пресных и слабominерализованных вод, суммарные расходы их относительно невелики. Однако дренирующее действие их в общем эффекте по бассейнам учитывать следует, особенно на перспективу.

Оценивая экономическую эффективность использования откачиваемых вод на орошение, важно отметить следующее. Единой методики определения стоимости воды, используемой на орошение, нет. В условиях Узбекистана с преобладанием самотечного орошения и при

пока неиспользуемом резерве поверхностных вод оценить правильно экономическую эффективность использования подземных вод на орошение весьма трудно. Для упрощенного расчета стоимость откачиваемой воды можно приравнять к оценке поверхностных сбросных вод, используемых на орошение, путем аккумуляирования их в водохранилищах.

На создание 1000 м³ полезной емкости требуется 50—100 руб. (в среднем 75). Исходя из этого, экономию за счет вложений для получения дополнительной воды на орошение можно принять за 75 руб. на 1000 м³ откачиваемой воды. Экономия капвложений, например, для 1973 г. (при объеме 500 млн. м³) составила 37,5 млн. руб., если считать, что капзатраты на устройство скважин отнесены на мелнорацию. Для перспективы экономия в капвложениях составит 150 млн. руб. Эксплуатационные затраты по вертикальному дренажу принимаются равными эксплуатационным затратам оросительной сети поверхностного орошения от головного сооружения до хозяйственного выдела.

Приведенные расчеты экономической эффективности использования откачиваемых вод на орошение сделаны по масштабам цен, действующим в настоящее время. В более отдаленной перспективе, когда стоимость воды возрастет в 2—3 раза, экономический эффект использования откачиваемой воды также увеличится.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

На первых этапах строительства сначала опытных, а затем небольших систем скважин вертикального дренажа эксплуатация их возлагалась на облУОС. В целях обеспечения технического руководства и квалифицированной эксплуатации довольно сложных систем дренажа в ММиВХ УзССР были организованы Главное управление мелиорации и Главное управление насосных станций и вертикального дренажа, а в областях — управления мелиоративных систем (УМС). В их ведение передан штат мелиоративной службы в районах. В свою очередь, в состав каждого УМС входили отделы вертикального дренажа, автоматизации и телемеханики, химическая лаборатория и мастерская автоматизации. В задачу УМС входят техническая эксплуатация и обеспечение заданного проектом режима откачек, мелиоративный контроль за состоянием орошаемых земель и т. д.

Для успешного выполнения этих задач эксплуатируемая система на крупных массивах, например в Голодной степи, разбивается на эксплуатационные участки, охватывающие 100—120 скважин на площади 25—35 тыс. га, где ведется систематическое наблюдение за режимом уровня и минерализацией грунтовых и подземных напорных вод, дебитом и стоком воды, откачиваемой скважинами и отводимой по КДС, засоленностью орошаемых земель по динамическим точкам до и после промывок. На эксплуатационном участке контролируется работа установок вертикального дренажа, ведутся профилактические осмотры, текущие и капитальные ремонты гидромеханического оборудования.

Развитие гидромелиоративных систем, оснащенных современными сложными устройствами, и возрастающий объем ремонтно-восстановительных работ потребовали промышленной основы, поэтому было решено организовать специализированное ремонтно-производственное предприятие в г. Бектемире с объемом работ в 17,7 млн. руб. Первая очередь с объемом работ в 3,2 млн. руб. введена в 1971 г. Это крупное предприятие, в дальнейшем названное ЦБ СРПП, имеет филиалы в Гулистане, Бухаре и других городах, предназначенные для оперативного ремонта и наладки оборудования на гидромелиоративных системах, в том числе на системах скважин вертикального дренажа. Это предприятие с филиалами способно производить монтаж узловым методом и ремонт оборудования на всех насосных станциях,

капитальный ремонт насосов, двигателей всех типов и сложных узлов, изготавливать запасные части, нестандартные металлоконструкции, приборы и устройства.

Несомненно, такие предприятия не только резко повысили производительность труда, но и во многом способствовали полной отдаче систем скважин, предназначенных в короткие сроки оздоровить мелиоративное состояние земель и способствовать получению высоких урожаев.

При эксплуатации систем скважин вертикального дренажа в областях с разными гидрогеологическими условиями и литологическим строением перед УМС возникают большие трудности, связанные с поставкой насосно-силового оборудования, без учета специфических условий работы.

В целях разработки и внедрения наиболее совершенных конструкций насосов, а также мероприятий по повышению надежности этого оборудования в 1972 г. на ЦБ СРПП был создан Среднеазиатский филиал ВНИИгидромаш.

Большие затруднения в квалифицированной эксплуатации сложной системы дренажа вызывало отсутствие инструкции по эксплуатации. В 1976 г. Союзводпроект и САИИРИ с использованием материалов Средазгипроводхлопка и Узгипроводхоза разработали инструкцию по эксплуатации систем скважин вертикального дренажа, которая была рассмотрена и утверждена ММиВХ СССР. В этой инструкции, признанной обязательной для проектных, строительных и эксплуатационных организаций ММиВХ СССР, даны основные положения о структуре, техническом оснащении, учете и отчетности службы эксплуатации, рассмотрены основные требования и порядок технической эксплуатации скважин. Особое внимание уделено вопросам ремонта сооружений и оборудования, в том числе наблюдательной сети.

В приложении даны формы рекомендуемой документации при приемке, сдаче объектов, отчетности планов-графиков и перечень нормативных документов на виды работ в период эксплуатации систем скважин. На основании этих форм составляется приближенный водно-солевой баланс; дается ежемесячная информация о мелиоративном состоянии орошаемых земель, что позволяет своевременно выявлять причины, обуславливающие мелиоративное неблагополучие, и давать конкретные рекомендации сельскохозяйственным организациям по улучшению мелиоративного состояния орошаемой территории; контролируется выполнение мелиоративных мероприятий.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

Капитальные вложения на строительство скважин вертикального дренажа в УзССР составляют от 200 до 700 руб/га обслуживаемой площади; в них входят затраты на бурение скважин и гидромеханическое оборудование, строительство или реконструкцию линии электропередач и трансформаторных подстанций, строительство отводящих каналов и сопрягающихся с подопремником сооружений, подъездных дорог, мостов, планировку земель и др.

Эксплуатационные затраты составляют 20—40 руб/га, что намного выше стоимости эксплуатации скважин закрытого горизонтального дренажа. Наиболее весомая часть эксплуатационных расходов — затраты на профилактические и капитальные ремонты (36%), на электроэнергию (30%); на содержание обслуживающего персонала приходится 17%, на остальные статьи расхода — 7%. Однако, как показывают расчеты, эти затраты перекрываются доходами от повышения эффективности использования земель.

Если принять средний прирост урожайности от внедрения вертикального дренажа в 3,6 ц/га (что установлено на основании наблюдений САНИИРИ на опытно-производственных участках, расположенных в различных районах Узбекистана) и учесть экономию прошлемой площади (увеличение КЗИ) за счет полос отчуждения под открытой коллекторно-дренажной сетью в пределах 7—8%, то годовой экономический эффект выразится в 224—358 руб. на 1 га орошаемой площади (без учета использования откачиваемой воды

на орошение). Следовательно, при среднем экономическом эффекте в 250 руб. с 1 га годовой экономический эффект от внедрения вертикального дренажа в республике составляет 35,0 млн. руб.

Когда вертикальный дренаж будет внедрен в республике на площади 1,7 млн. га, годовой экономический эффект составит 400—425 млн. руб. Если учесть специфику гидрогеологических условий оазисов Узбекистана и возможность использования откачиваемых вод на орошение, то эффективность этого вида и его технико-экономические показатели будут более значительны. Так, при среднегодовых эксплуатационных затратах по дренажной сети старой зоны орошения Голодной степи в 1,87 млн. руб. (согласно исследованиям И. В. Куприянова) общая экономическая эффективность действующих дренажных систем равна 0,14, т. е. выше нормативной эффективности капиталовложений в народное хозяйство, равной 0,12.

Подсчитанная по типовой методике сравнительная экономическая эффективность (см. табл. 51) вариантов открытого горизонтального и вертикального дренажей в старой зоне Голодной степи (при условии достижения одинаковых результатов) через приведенные затраты показала, что по вертикальному дренажу она значительно меньше (126 руб/га), чем по горизонтальному (592 руб/га).

Совершенствование конструкций, методов строительства и эксплуатации систем вертикального дренажа будет способствовать снижению капиталовложений, эксплуатационных затрат и повышению эффективности вертикального дренажа в Узбекистане.

История орошаемого земледелия на значительной части территории республик Средней Азии — это непрерывная борьба с засолением. Опыт борьбы с засолением показывает, что наиболее эффективный и быстродействующий способ рассоления земель — промывка, т.е. растворение и удаление из почвы вредных для растений солей за пределы мелниорируемых территорий.

Теоретические предпосылки освоения засоленных или подверженных засолению земель путем промывок водой выдвинуты А. Миддендорфом, развиты В. В. Докучаевым, М. М. Бушуревым, Н. А. Димо на основе того, что все вредные для жизни растений соли растворимы в воде.

Промывка засоленных земель сочетает в себе явления химической и физической природы. Характер этих явлений, их формы и интенсивность определяются минералогическим составом почвогрунтов, их водно-физическими свойствами, составом солей в почве, обменными реакциями в поглощающем почвенном комплексе, условиями перемещения капиллярной и гравитационной воды.

Различают два вида движения солей в почве — активное и пассивное. Активное происходит под влиянием собственной диффузии, пассивное — с движущейся водой, когда появляется действие конвективной диффузии. При активном различаются растворение, движение или распределение в дисперсной среде — положительная и отрицательная адсорбция, диффузия в дисперсной среде, выталкивание ионов, при пассивном — молекулярное рассеивание, капиллярное рассеивание, перемещение с фильтрационным током воды, выщелачивание смыванием.

Расчеты промывок должны основываться на законах диффузного движения солей в почве и на законах движения воды в почве. Эти законы определяют формы движения воды в почве и позволяют оценить в количественных

показателях скорость движения воды как фактора растворения солей (значение контакта промывной воды и солей), скорость движения воды как фактора выщелачивания солей (интенсивность удаления солевого раствора) и различные состояния почвенной влаги, влияющие на характер и направление движения почвенных растворов.

Процессы передвижения солей и солеотдачи при промывке уточнены Л. П. Розовым, А. С. Вознесенским, П. А. Летуновым, В. А. Ковдой, В. Р. Волобуевым, П. Е. Паниным, С. Ф. Аверьяновым и другими.

На территориях, где достаточно развит искусственный дренаж (горизонтальный, вертикальный), процесс вытеснения водорастворимых солей из активного слоя связан с работой дренажа по отводу грунтовых и фильтрационных вод. Промывные воды в процессе инфильтрации, с одной стороны, растворяют соли, а с другой, — создавая дополнительный напор, вызывают приток воды к дренам и замещают в определенной толще почвы вытесненную минерализованную воду. В этом случае процесс промывки и степень использования промывной нормы зависят от количества токсичных солей, фильтрационных свойств почвогрунтов, водоотводящей способности дренажной сети.

Отметим, что искусственный дренаж на промываемых землях обеспечивает увеличение скорости фильтрации и тем самым существенно влияет на соотношение разных видов движения солей, находящихся в состоянии раствора. Возрастает значение скорости выщелачивания, уменьшается влияние диффузионных процессов в распределении и перемещении солей по профилю почвенной толщи.

Промывки подразделяются на капитальные (строительные, освоительные) и текущие (эксплуатационные). Капитальные промывки назначаются для опреснения до требуемых пределов почвогрунтов зоны аэрации (2,5—

Машинная уборка хлопка в колхозе «Политотдел» Ташкентская область.



Полив по бороздам Поля СоюзИИХИ



Калбракумское водохранилище. Таджикская ССР, Лениабдская область



Нардаринское водохранилище на р. Сурхадис. На переднем плане ГЭС и водосбросы.





Чардаринское водохранилище. Вид с вершины бьефа.

Ариасейский сброс из Чардаринского водохранилища

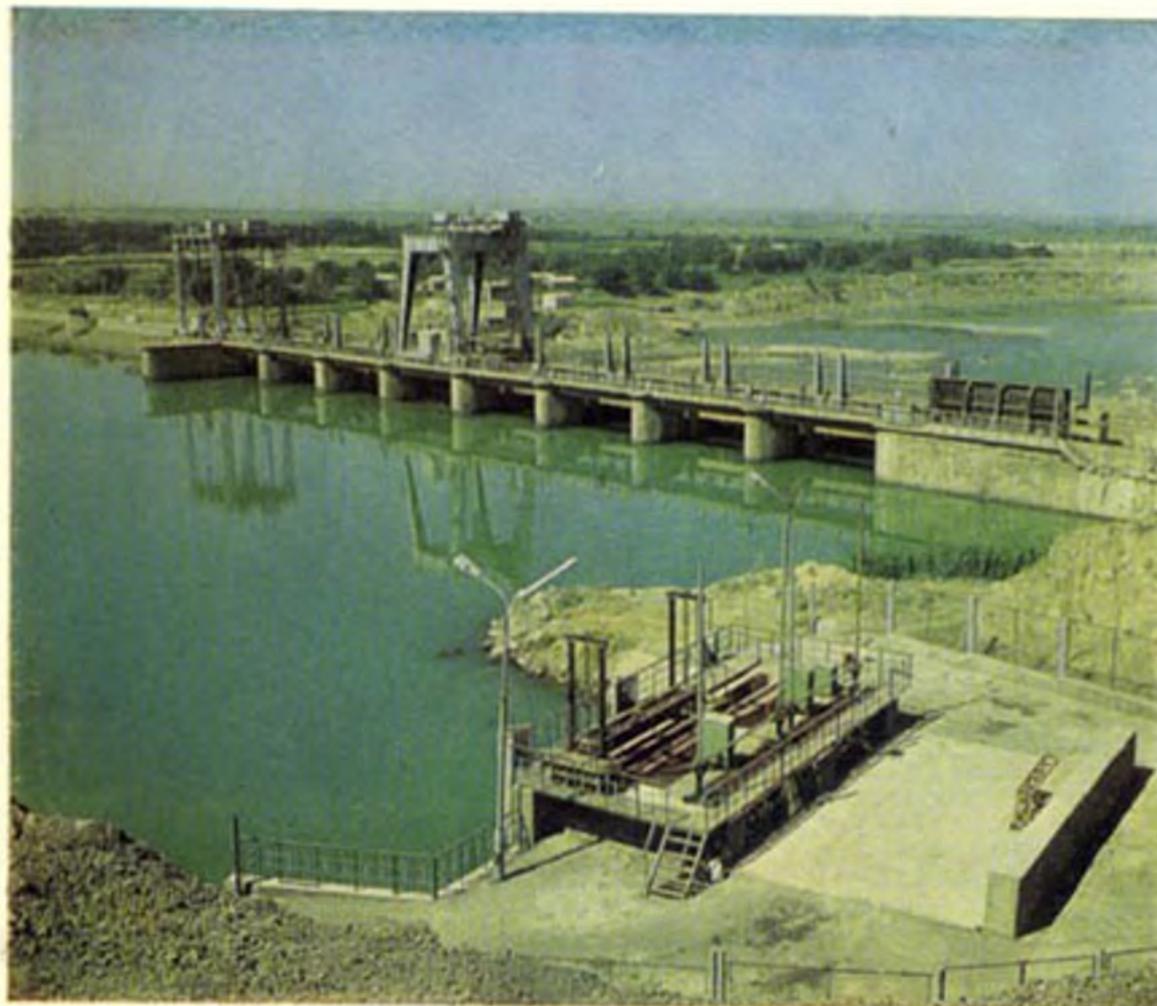




Гулистан. Памятник воинам, погибшим в Великой Отечественной войне.



Гулистан. Областной комитет КП Узбекистана.



Фархадская плотина на р. Сырдарье. Справа головные регуляторы канала Джалылыни.



Фархадская плотина на р. Сырдарье. Вид с нижнего бьефа.



Головное сооружение Фархадского деривационного канала.





Южногледностепский канал
им. А. А. Саркисова



Вододелитель на канале
им. С. М. Кирова.

Южный канал им. А. Д. Саркисова перед вододели-
те-лем, на 62 км.



Бетонированный канал в
Голодной степи.



Перевозка лотков в Голодной степи.

Лотковые каналы в Голодной степи.





Опытный участок капельного орошения на песках. Хорезм.

Опытный участок подпочвенного орошения в совхозе № 10а. Голодная степь.





Дренукладчик БДМ—301 в Голодной степи.

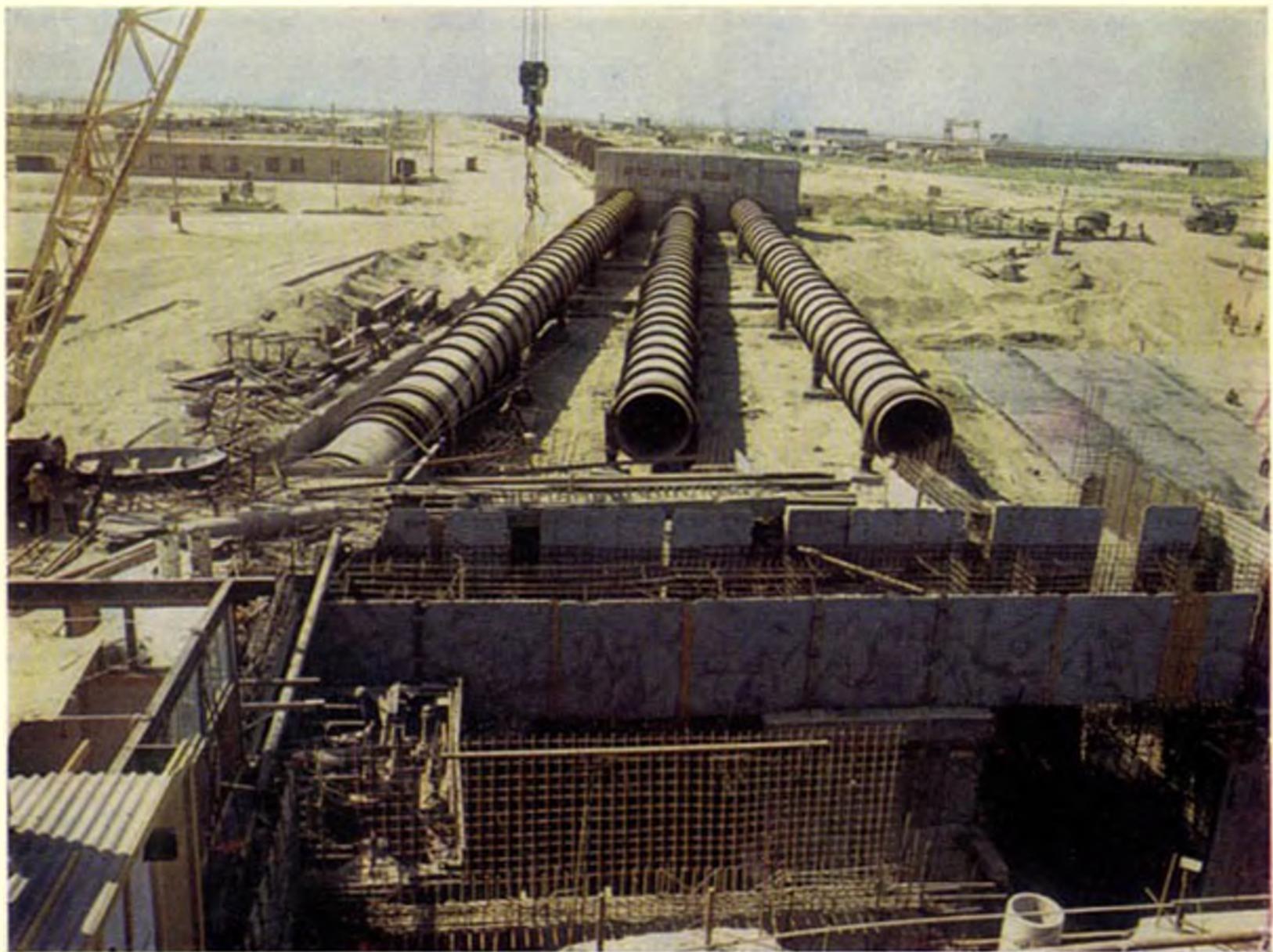




Центральный Голодомостепский коллектор (ЦГК).



Устье дрени. Голодная степь.



Строительство Джизакской насосной станции № 1 на Южногодностепском канале им. А. А. Саркисова.

Монтаж трубопровода



Водоприемник Джизакской насосной станции на Южногодностепском канале им. А. А. Саркисова.





Вододелитель на канале г. Джизак.

Полив дождеванием в соплозе ЗД. Джизакская область





Строительство канала в Голодной степи.



Строительство Паркентского канала.

3,0 м) и верхнего слоя грунтовых вод (не менее 3—4 м). Они применяются в основном для освоения переложных и залежных внутриоазисных участков сильнозасоленных земель в зоне старого орошения или для освоения аналогичных по засоленности земель на объектах нового орошения. Разновидность капитальной промывки — промывка посредством культуры риса. Обязательным условием капитальной промывки следует считать постоянный дренаж.

В тяжелых почвенно-мелноративных условиях постоянный дренаж может быть усилен временным открытым горизонтальным, который обеспечивает отток промывных вод и растворенных в них солей. Этим ускоряется рассоление корнеобитаемого слоя и предотвращается смещение большого количества вредных солей в более глубокие горизонты почвогрунтов.

Для проведения капитальных промывок составляется одностадийный проект и рабочие чертежи. Выполняются они проектными и научно-исследовательскими организациями на основании материалов и новых изысканий. Для незначительных внутриоазисных участков проект и рабочие чертежи могут быть выданы проектными группами облУОС.

Эксплуатационными, или профилактическими, называются промывки, которые ведутся в период освобождения полей от посевов и назначаются для ликвидации сезонного засоления верхней толщн почвогрунтов. Рассоление почвогрунтов зоны аэрации достигается проведением эксплуатационных промывок в течение ряда лет. По сравнению с капитальными эти промывки не требуют вывода земель из оборота, создания дополнительной дренажной сети и усиления или реконструкции оросительной сети.

В большинстве случаев эксплуатационные промывки осуществляются на фоне постоянного дренажа при строгом соблюдении промывного режима орошения и поддержании оптимальной глубины залегания грунтовых вод, исключающем реставрацию засоления в период вегетации.

Применение профилактических поливов ежегодно или периодически (через 2—3 года) для каждого массива будет зависеть от принятого режима орошения. Нормы их учитываются в водном балансе гидрологического года.

Влагозарядковые поливы — чисто агротехническое мероприятие, необходимое в определенных условиях для обеспечения оптимальной влажности почвы в ранневесенний период и получения нормальных всходов посевов. Тогда отпадает необходимость в поливах в ранний период вегетации. Влагозарядковые

поливы во многих случаях выполняют роль профилактических. Нормы их также учитываются в водном балансе гидрологического года.

Для проведения эксплуатационных промывок (профилактических и влагозарядковых поливов) составляется план специалистами колхозов и совхозов с участием управлений оросительных и мелноративных систем на основании анализа материалов почвенных, гидрогеологических и ирригационно-хозяйственных наблюдений и исследований. При необходимости мелноративной службой проводятся дополнительные изыскания.

Размеры промывных норм устанавливаются в зависимости от степени и характера засоления почвогрунтов и их водно-физических свойств, глубины залегания уровня грунтовых вод, дренажной территории, площадей, охватываемых промывками, и температурных условий. Промывные нормы определяются методами, учитывающими эти требования и законы физико-химической гидродинамики.

Исходными материалами для проектирования и расчета промывных норм, техники и режима промывок служат данные почвенно-солевых съемок и опытных промывок, выполняемых в объемах, предусмотренных инструкцией по почвенным изысканиям для мелноративного и водохозяйственного строительства (ВСН-И-3-75, М., 1975). Оценка степени и химизма засоления почв при проведении солевых съемок и опытных промывок производится по анализам водных вытяжек.

Солеотдачу почвогрунтов изучают на монолитных колонках, опытных площадках для определения динамики вымывания солей, расчета промывных норм. Пункты по изучению солеотдачи выбирают с учетом особенностей почвенного покрова на наиболее характерных по степени и преобладающим по типу засоления, литологии почвогрунтах.

Исходя из степени и характера засоления, промывные нормы рассчитывают по сумме содержания токсичных солей при сульфатном и хлоридно-сульфатном засолении (к ним относятся Na_2CO_3 , NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 и Na_2SO_4), при сульфатно-хлоридном и хлоридном засолении — по содержанию иона хлора.

При производственных промывках на большой территории в первом случае возникают трудности, связанные с проведением больших объемов химических анализов полной водной вытяжки и с переводом химических элементов из ионной формы в соли. Удобнее пользоваться только сухим остатком водной вытяжки, но допустимо это только при определении типов засоления почвогрунтов.

Один из наиболее общих показателей — соотношение ионов $Cl|SO_4$ в миллиэквивалентах:

хлоридный при $Cl|SO_4 > 2,5$,

сульфатно-хлоридный при $Cl|SO_4 = 1,0 — 2,5$,

хлоридно-сульфатный при $Cl|SO_4 = 0,2 — 1,0$,

сульфатный при $Cl|SO_4 < 0,2$.

По этим соотношениям определяется тип засоления, для чего достаточно провести небольшой объем химических анализов полной водной вытяжки (5—10% общего их количества).

Допустимое содержание солей для различных типов засоления хлопковой зоны следующее (сухой остаток, % от веса почвы): хлоридный — 0,2, сульфатно-хлоридный — 0,3—0,4, хлоридно-сульфатный — 0,4—0,6, сульфатный — 0,6—1,0. Допустимое содержание хлора — не более 0,010—0,015.

Для определения промывных норм существует ряд эмпирических формул С. Ф. Аверьянова, В. Р. Волобуева, А. Н. Костякова, В. М. Легостаева, Л. П. Розова, И. С. Рабочева и др. Все они имеют приближенное значение и в каждом случае требуют полевой проверки и определения необходимых параметров, входящих в формулу.

На основании анализа данных опытных промывок в разных районах Средней Азии и

Закавказья В. Р. Волобуев предложил формулу для определения промывной нормы метрового слоя почвогрунтов в зависимости от степени, типа засоления и их механического состава:

$$N = a \lg \frac{S_0}{S},$$

в для слоя $x > 1$

$$N = a \lg \frac{S_0}{S} + \frac{\mu}{\mu} x,$$

где N — промывная норма (нетто), $m^3/га$,

a — показатель солеотдачи,

S, S_0 — допустимое и исходное содержание солей в почве, % от веса,

μ — коэффициент, учитывающий мощность дренажа,

x — расчетная глубина опреснения, м.

В. Р. Волобуев определил значение показателя солеотдачи и нормы промывок для метрового слоя почвогрунтов различного механического и солевого состава (табл. 52).

С. Ф. Аверьянов предложил определять промывные нормы по физико-химическим константам грунта (коэффициент растворения, коэффициент диффузии).

Промывки засоленных земель основываются на технически простых и мелноративно эффективных приемах — прерывистой подаче воды, использовании способов полива, широко применяемых в практике орошения (затопление чеков, напуск по полосам и по бороздам).

Таблица 52

Расчет предельной нормы промывки (тыс. $m^3/га$, знаменатель) в зависимости от показателя солеотдачи (числитель)

Характеристика почвогрунта	Тип засоления			
	хлоридный $Cl' = 40-60\%$ сухого остатка	сульфатно-хлоридный $Cl' = 25-35\%$	хлоридно-сульфатный $Cl' = 10-20\%$	сульфатный $Cl' < 10\%$
Легкого механического состава со свободной солеотдачей	$\frac{0,62}{2,5-8,5}$	$\frac{0,72}{1,5-8,0}$	$\frac{0,82}{1,0-7,5}$	$\frac{1,18}{\text{До } 7,0}$
Среднесуглинистые или аналогичные им по солеотдаче, слоистые, неоднородного механического состава	$\frac{0,92}{4,0-12,0}$	$\frac{1,02}{3,0-11,5}$	$\frac{1,12}{1,0-11,0}$	$\frac{1,41}{\text{До } 9,0}$
Глинистые или суглинистые с пониженной солеотдачей	$\frac{1,22}{5,0-15,5}$	$\frac{1,32}{3,5-15,0}$	$\frac{1,42}{1,5-14,0}$	$\frac{1,78}{\text{До } 11,0}$
Глинистые с низкой солеотдачей	$\frac{1,80}{7,0-23,0}$	$\frac{1,90}{4,0-21,5}$	$\frac{2,10}{2,5-21,0}$	$\frac{2,40}{\text{До } 14,0}$
Глинистые слоистые с особенно низкой солеотдачей	$\frac{2,70}{11,0-35,0}$	$\frac{2,80}{6,0-31,5}$	$\frac{3,00}{3,0-30,0}$	$\frac{3,30}{\text{До } 20,0}$

Примечание. Предельные нормы промывок зависят от засоления, меняющегося от 0,2—0,5 до 3,0—4,0%.

Прерывистый режим водоподачи позволяет производительнее использовать емкость зоны аэрации для вымывания солей из верхних горизонтов и наиболее экономно использовать промывную воду.

Подготовка земель к промывке включает планировку поверхности, вспашку, боронование, малование и в зависимости от способа полива разметку чеков или полос, поделку валиков, нарезание борозд, сооружение водовыпусков и др.

Освоение земель с неблагоприятными водо-физическими свойствами, обусловленными осолонченностью, отакрыренностью и другими явлениями, осуществляется с применением химических мелиорантов, пескования, агромероприятий и других, с последующим окультуриванием, предусмотренным проектом освоения.

Положение и размер чеков определяются уклоном поверхности. С учетом запаса над горизонтом воды в чеке высота ограждающего валика может быть равной 40–50 см, а слой затопления — 20–30 см. Допустимая разница в слое затопления в пределах чека — 10 см.

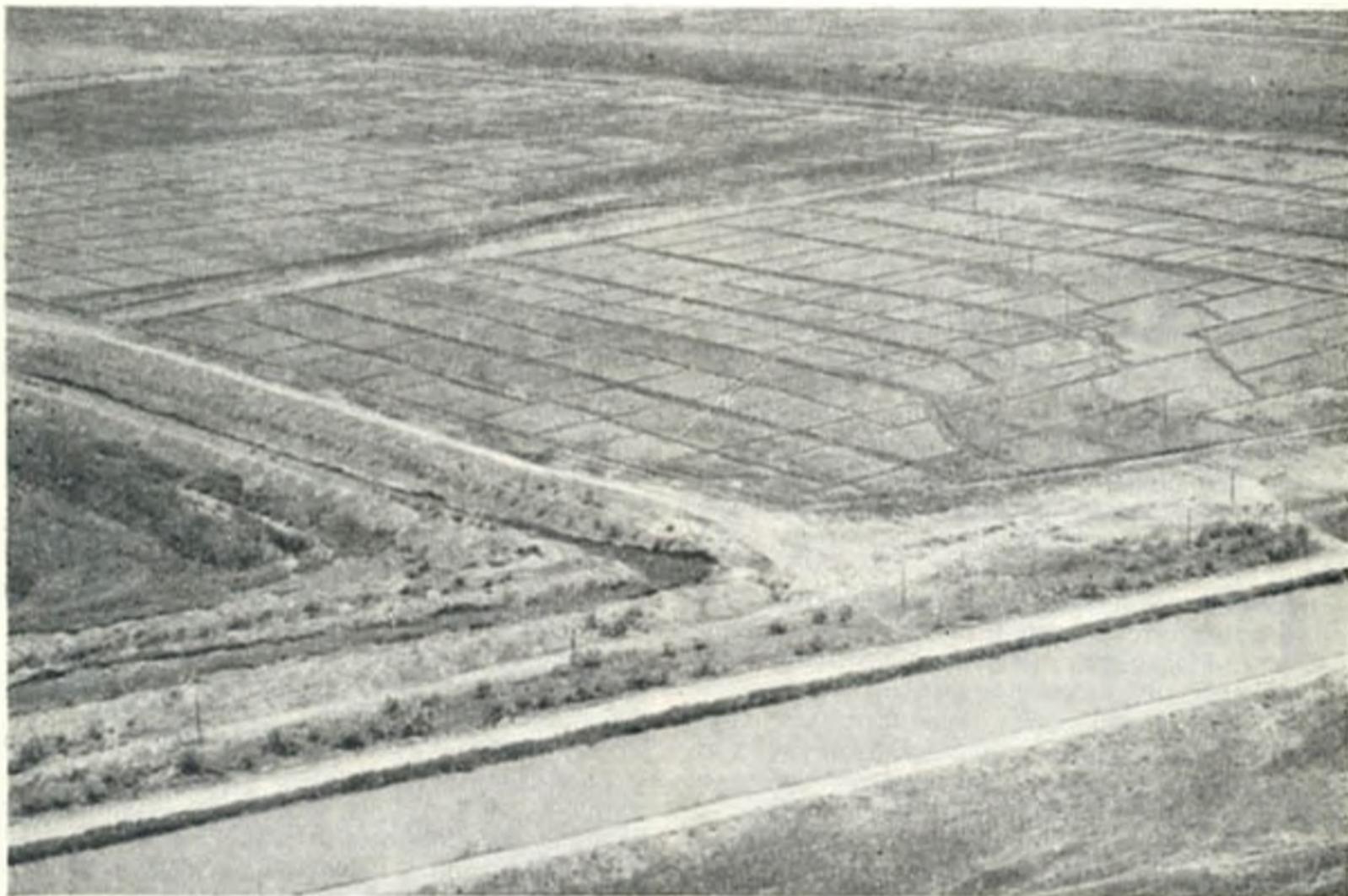
При проведении промывок учитываются



Планировка земель.

сроки подачи воды (дата и время), нормы промывных поливов и количество сбросной воды. Наблюдения за режимами уровня грунтовых вод ведутся в течение всего периода промывки до и после каждого полива по сети наблюдательных скважин, установленных в междурьях. Рассоление почвы в результате промывки контролируется путем проведения солевой съемки с отбором образцов через каждые 25 см на глубину 1 м для лабораторных анализов воднорастворимых солей с определе-

Спланированные поля.





Промывка земель

нием общей щелочности, хлора, плотного остатка.

Благоприятными сроками промывных поливов являются такие, когда грунтовые воды залегают наиболее глубоко от поверхности земли, почва относительно теплая, а испарение почвенной влаги снижено. В хлопковой зоне эксплуатационные промывки общей нормой 3—4, местами до 6—8 тыс. м³/га проводятся в осенне-зимний период, в основном с 15—20 ноября до 20—30 января. В это время поля свободны от посевов. Наблюдается глубокое залегание уровня грунтовых вод, созданное работой дренажа за летне-осенний период и естественным оттоком, связанным с резким сокращением вододачи. Это позволяет подать при необходимости усиленные промывные нормы и получить высокие скорости фильтрации промывных вод, следовательно, достичь более глубокого опреснения. В это время имеется относительно больше свободной оросительной воды, средств и рабочей силы. Процесс промывки поддерживаются атмосферными осадками.

Профилактические (влагозарядковые) поливы проводятся также в осенне-зимний период. Когда эксплуатационные промывки (профилактические, влагозарядковые) невозможно проводить в указанные сроки по условиям работы оросительных каналов, климатическим особенностям и хозяйственным возможностям, они переносятся на ранневесенний период — февраль—март (например, в Хорезмской области и КК АССР). Это допускается в тех районах, где с помощью мощных систем дре-

нажа можно своевременно создать нормальные глубины залегания уровня грунтовых вод, позволяющие произвести предпосевную обработку полей и посевов.

Для проведения капитальных промывок общей нормой 20—30 тыс. м³/га (в зависимости от водно-физических свойств почвогрунтов и дренированности территории) потребуется 3—4 месяца.

На основании опытов, проведенных в различных зонах республик Средней Азии, установлена возможность использования на промывку минерализованных вод, если сумма солей, находящихся в растворе, не превышает предел насыщения (3—5 г/л) и не содержит Na₂CO₃. Однако для объективного суждения о применимости минерализованных вод для промывок земель в зависимости от степени и характера их засоления, механического состава и других факторов необходимы продолжительные комплексные исследования в лабораторных и полевых условиях.

Наибольшее распространение в Узбекистане получил метод промывки затоплением относительно небольших промывных делянок на фоне дренажа без сброса промывной воды.

Для уменьшения затрат воды промываемое поле тщательнейшим образом подготавливается: хорошо планируется, глубоко вспахивается, заборонивается и замаловывается, разбивается на промывные делянки надлежащих размеров, огороженные надежными наливками высотой 40—50 см. Размер промывных делянок обуславливается рельефом местности, спланированностью уча-

стка, объемом необходимых земляных работ, водно-физическими свойствами почвы, наличием промывной воды, силой и повторяемостью ветра и другими факторами. При плохой планированности поля или на почвах с повышенной водопроницаемостью делянки делаются меньших размеров. При недостатке промывной воды для повышения качества планировочных работ, уменьшения их объема и тщательности промывок нет надобности в больших размерах промывных делянок.

По данным исследований СоюзНИИИ, проведенных в Голодной степи, оказалось, что между площадью промывных делянок, разовой промывной нормой и продолжительностью полива существует прямая зависимость. Наиболее эффективный размер промывной делянки для среднесуглинистых почв — 0,1—0,3 га при равномерном покрытии ее водой и струе 70 л/с, что подтверждают следующие данные:

Площадь поливной делянки, га	Поливная норма, м ³ /га	Продолжительность поступления воды, час., мин.
0,05	880	3—30
0,1	915	3—55
0,3	1520	6
0,5	2650	10—30
1,0	3250	12—50
2,0	3900	15—30

Если довести его до 0,5 га, то резко увеличиваются затраты воды и время на промывки. Размер промывной нормы также зависит от поливной струи на поле.

Как показали опыты, наимыгоднейший размер струи, например, на промывной делянке размером 0,3 га для равномерного покрытия делянки — в пределах 40—100 л/с.

Размер поливной струи, л/с	Поливная норма, м ³ /га	Продолжительность полива, час., мин.
10	3050	85
20	2100	26—40
40	1700	11—40
60	1500	6—40
80	1400	5
100	1360	3—20
150	1325	2—30

При струе 150 л/с на затопление промывной делянки затрачивается меньше времени, но и поливная норма изменяется незначительно.

Вымыв солей в значительной степени зависит от первоначальной скорости впитывания воды в почву. При малых скоростях впитывания (<5 мм/сутки) большое количество воды бесполезно испаряется без опреснения почвы; при высоких скоростях (>100 мм/сутки)

значительная часть просачивается в грунтовые воды без достаточного контакта с почвенными частицами и выщелачивания солей.

Важно отметить, что скорость впитывания воды в почву — величина динамичная: вначале она высока, затем начинает снижаться и в конце делается равной коэффициенту фильтрации для данных грунтов.

Нужную рыхлость грунтов и требуемую скорость впитывания можно создавать глубокой обработкой с оборотом пласта и почвоуглублением или пахотой без оборота пласта. Почвоуглубление необходимо тогда, когда на небольшой глубине (40—80 см) от поверхности земли залегает трудноводопроницаемый слой, препятствующий вымыву солей.

Опыты показали, что во всех случаях, когда промывка проводится по предварительно ненаханной почве, достигаются лучшие результаты по выщелачиванию солей (табл. 53).

Скорость фильтрации выше скорости диффузии солей, поэтому для уменьшения промывных норм желательно создавать разрывы между концом впитывания в почву воды от предыдущего полива и началом следующего полива, чтобы соли с поверхности почвенных частиц попали в почвенный раствор и последующим поливом были удалены из корнеобитаемого слоя.

Опыт, проведенный нами на Ферганской опытной станции, позволил определить затраты промывной воды для достижения одной и той же степени опреснения (кондиции) при различных перерывах между очередными поливами: через 1 сутки — 17,0 м³/га, через 4 — 13,8, через 8 — 11,0, через 12 — 10,8. Нет необходимости делать перерывы между поливами свыше 8 суток. Однако и эта величина является

Таблица 53

Результаты промывного действия воды при различной подготовке почв к промывке (содержание солей А, % от исходного)

Вариант опыта	Метриративная станция в Голодной степи		Бухарская станция		Ферганская станция (разный участок)
	первый участок	второй участок	участок 1-й	участок 2-й	
Промывка без обработки	68,8	80,3	50,9	32,5	76,5
Вспашка + боронование + промывка	43,5	34,6	35,0	24,5	59,7
Вспашка + боронование + мадование + промывка	25,6	—	—	18,1	54,7

Таблица 51

Затраты воды на вымыв 0,011% Cl⁻ из метрового слоя почвы при различном исходном засолении и технике промывки, м³/га

Вариант опыта	Степень засоления		
	слабая	средняя	сильная
Подача воды на промывку без перерывов (контроль)	100	116	31
Перерыв 4 дня	113	139	31
Перерыв 8 дней	132	103	28

переменной. Чем больше солей в почве, тем легче они отдаются почвой и легче вымываются. Поэтому при промывке солончака в первое время не нужно делать перерывов между поливами, а по мере опреснения такая необходимость возникает (табл. 54).

Один из основных элементов при промывке засоленных почв — поливная норма, даваемая за один прием. По данным наших опытов, проведенных на Ферганской опытной станции, она не должна превышать 30—40% предельной полевой влагоемкости опресняемого слоя, равного 1 м, т. е. на легких почвах 800—1000 м³/га, средних 1000—1200 и на тяжелых 1200—1500.

При исходной степени засоления почв Cl⁻ 0,15% для опреснения метрового слоя до 0,01% потребовалось следующее количество промывной воды, м³/га:

От предельной полевой влагоемкости, %	За один полив	Общее количество воды
30	1050	11 800
40	1400	13 000
50	1750	20 000
100	3500	28 000

Для разных природных условий промывная норма может изменяться, однако общая закономерность сохраняется (рис. 62).

Для равномерного опреснения всего поля без излишних затрат промывной воды каждая промываемая делянка должна иметь самостоятельный выпуск воды в одном или двух местах в зависимости от ее размера.

В начальный период научные поиски активных мер борьбы с засолением сводились к изучению промывки и регулированию засоления в бездренажных условиях при слабой естественной дренированности и отточности грунтовых промывных вод. Опыты, проведенные в различных районах Средней Азии, показали возможность выпоночных прочывок в бездренажных условиях при низком КЗИ. Необходимо указать, что при прочих равных условиях эффективность

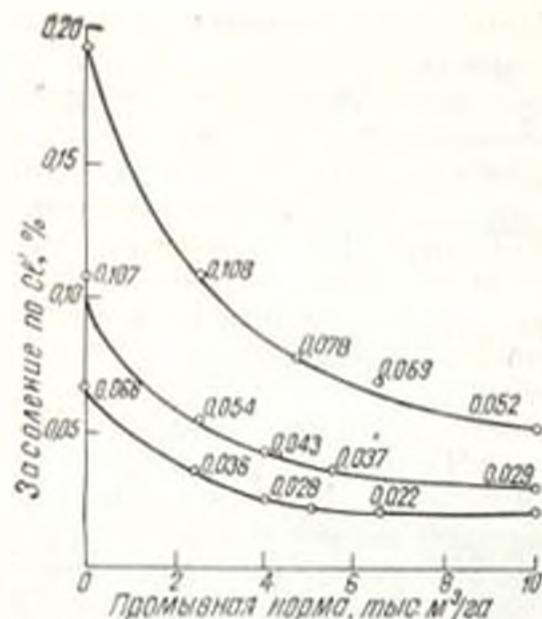


Рис. 62. Рассоление почвогрунтов при промывке.

промывки при отсутствии дренажа намного ниже. Так, на недренированных и плохოდенированных землях скорость снижения уровня грунтовых вод часто не превышает 1 см/сутки. На хорошо дренированных землях эта скорость значительно выше. Она в большей степени зависит от ширины междренних расстояний, чем от глубины дрен.

По данным полученным на Ферганской (Фелченковской) станции, скорость снижения уровня грунтовых вод при ширине междренний 100 м равна 6,6 см/сутки, при 150 м — 3,2, при 200 м — 2,5, при 300 м — 1,7 и при 350 м — 1,4 см/сутки. Поэтому на недостаточно дренированных землях разрыв между окончанием промывочных поливов и началом весенних полевых работ должен быть не менее 80—100 дней. Это положение пока остается справедливым для большинства районов Узбекистана, за исключением среднего и нижнего течения р. Амударьи.

На фоне хорошо работающего дренажа воды на промывку затрачивается гораздо меньше, а опреснение почв идет на большую глубину, чем на бездренажных или плохოდенированных территориях. С чем можно судить по скорости вымывания Cl⁻ в дренажных и бездренажных условиях Голодной степи (ЦОМС):

Сроки проведения и норма, м³/га

В дренажных условиях				
По промывке 15 января	—	0,217	0,140	0,151
8 января, 3540	—	0,043	0,157	0,102
28 января, 5960	—	0,002	0,017	0,018
12 февраля	—	0,004	0,011	0,000

В бездренажных условиях

До промывки	23 ноября	0,256	0,183	—	—
24 декабря,	2800	0,168	0,151	—	—
30 декабря,	5000	0,147	0,107	—	—
6 января,	8800	0,073	0,064	—	—

Опытные и производственные промывки в различных районах Узбекистана позволили заключить, что промывка засоленных земель эффективна при искусственном дренаже (рис. 63). Рассмотрим некоторые результаты многолетних опытов по промывке засоленных земель.

Промывка на фоне мелкого и глубокого дренажа. Результаты опытов, проведенных в юго-западной части зоны нового орошения Голодной степи (совхоз №26), позволили установить, что временный дренаж при промывке увеличивает скорость отвода срабатываемых вод в 2—3 раза, сокращает сроки промывки в 1,5—2,0 раза. Эти результаты получены на участке, почвогрунты которого были засолены по Cl^- до 0,1 %, а по сумме вредных солей ($MgSO_4 + NaCl + Na_2SO_4$) до 1,0 %. Минерализация грунтовых вод 29—35 г/л по плотному остатку. Грунтовые воды залегают на глубине 3,0—3,1 м от поверхности. Характерны для участка прослойки гилса на глубине 0,8—1,0 м. Коэффициент фильтрации почвогрунтов 0,2—0,3 м/сутки. На участке функционировал закрытый горизонтальный дренаж с расстоянием между дренажами 70 м. В дополнение к этой сети построены временные дрены глубиной 0,8—1,0 м с расстоянием между ними 15 м (первый вариант) и 30 м (второй вариант).

Промывка проводилась в осенний период (с 15 августа) тактами с перерывами в 7—8 дней, норма каждого такта — 5000—6000 м³/га (брутто). Водоподача в следующих тактах начиналась после прекращения стока из временных дрен, т. е. после понижения

уровня грунтовых вод ниже глубины заложения временных дрен. Анализ наблюдений (табл. 55) показывает, что большая часть воды в вариантах I и II отведена временными дренажами. Общий же объем воды, отведенной дренажами, составил 66,2, 62,2 и 36,4% водоподачи брутто, а всего временными дренажами по вариантам отведено 67,5 — 60,8 % дренажного стока. Модуль дренажного стока в среднем за период промывки по глубоким дренажам составил 0,53 л/с /га, а по временным дренажам при расстоянии между ними 15 м — 1,53, при 30 м — 1,04.

Отметим, что в зависимости от частоты заложения временных дрен скорость сработки уровня грунтовых вод после промывки неодинакова. Так, в варианте I скорость понижения уровня грунтовых вод в перерывах между тактами составила 7—8 см/сутки, после окончания промывки в течение 8—12 суток — 6—8, затем она уменьшилась до 2,0—2,5. В варианте II она была несколько меньше, соответственно после промывки составила 4—6. В варианте III скорость понижения уровня грунтовых вод между тактами и после промывки была сравнительно невысокой, в пределах 1,5—2,5 см/сутки.

Минерализация стока по мелким временным дренажам колебалась от 5—9 г/л в начале и до 2,5—3,0 по плотному остатку в конце промывки, по глубоким дренажам она с 29,0 уменьшилась до 12,2 г/л. Вынос солей временными дренажами по вариантам I и II составил до 25% общего уменьшения в 3-метровом слое почвы.

При указанных частоте, глубине заложения временных мелких дрен и глубоком дренаже в том же совхозе глубина опреснения за период промывки по вариантам I и II доходила до 1,3—1,4 м, а при отсутствии временного дренажа (вариант III) — 0,8 м (табл. 56).

Промывка на фоне культуры риса при временном мелком и глубоком дренаже. На современном этапе развития ирригационно-мелноративного строительства и выполнении роли искусственного дренажа (горизонтального и вертикального) при регулировании водного и солевого режима территории существенно изменилась сущность и технология проведения промывных поливов, расширились промывки на фоне культур, посредством посевов риса в частности.

Несмотря на противоречивые мнения о промывке вторично засоленных земель в зоне нового орошения Голодной степи посредством посевов риса, обуславливаемые организационными и другими причинами, этот прием оказался довольно эффективным. Это подтверж-

Рис. 63. Эффективность 1 м³ воды при промывке:

1 — при наличии дренажа, 2 — при его отсутствии.

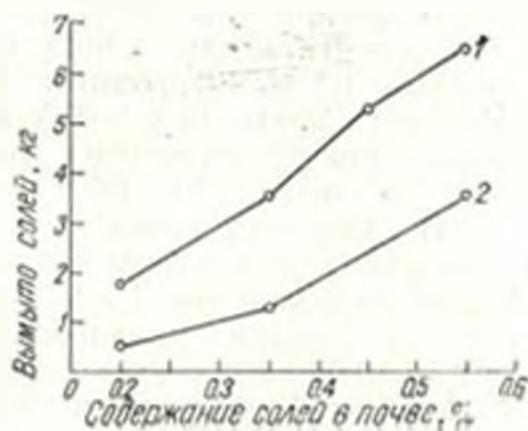


Таблица 55

Водный баланс опытных участков за период промывки (совхоз № 26, Голодная степь)

Вариант опыта	Приход		Расход	
	показатель	м³	показатель	м³
I. Площадь 1,05 га, расстояние между мелкими дренами 15 м, глубокими 70 м	Водоподача и осадки	18 100	Испарение	4330
			Отведено КДС мелкой глубиной	8100 3880 1500**
	Итого	18 100		17 810
II. Площадь 1,05 га, расстояние между мелкими дренами 30 м, глубокими 70 м	Водоподача и осадки	17 710	Испарение	5700
			Отведено КДС мелкой глубиной	6700 4360 1500**
	Итого	17 710		17 760
III. Площадь 1,4 га, расстояние между глубокими дренами 70 м	Водоподача и осадки	14 670	Испарение	6400
			Отведено КДС мелкой глубиной	— 5350* 2100**
	Итого	14 670		14 350

* Включая объем отведенной собираемой дренажной воды.

** Изменение запасов влаги в расчетной толще.

Таблица 56

Динамика рассоления почвогрунтов при промывке на фоне мелкого и глубокого дренажа, %

Вариант	Срок определения	Норма промывки brutto, м³/га	0—40 см		40—100 см		100—200 см		200—300 см	
			Cl'	сумма вредных солей	Cl'	сумма вредных солей	Cl'	сумма вредных солей	Cl'	сумма вредных солей
			I	До промывки		0,018	0,488	0,065	0,697	0,075
	После подачи	4500	0,024	0,395	0,042	0,459	0,087	1,089	0,138	1,347
		8700	0,011	0,236	0,031	0,283	0,089	0,647	0,132	1,149
		13000	0,008	0,208	0,007	0,234	0,024	0,421	0,066	0,696
II	До промывки		0,037	0,432	0,057	0,670	0,059	0,871	0,077	0,533
	После подачи	4400	0,030	0,286	0,041	0,492	0,057	0,758	0,076	1,142
		8720	0,013	0,267	0,021	0,416	0,066	0,645	0,072	0,915
		12000	0,014	0,285	0,011	0,259	0,022	0,339	0,035	0,858
III (без временного мелкого дренажа)	До промывки		0,019	0,537	0,044	0,605	0,054	0,793	0,067	0,900
	После подачи	3540	0,010	0,696	0,036	0,596	0,047	0,737	0,067	0,918
		5850	0,013	0,236	0,016	0,321	0,058	0,673	0,067	0,833

дают результаты многолетних наблюдений, проведенных в зоне нового орошения Голодной степи — в совхозе № 6 им. Титова (юго-восточная часть) и № 26 им. Икрамова (юго-западная часть).

Почвогрунты опытных участков представлены светло-серыми суглинками с различным содержанием гипса (в виде кристалликов). В нижних слоях (11—15 м и более) вскрыты прослойки труднопроницаемых глинистых отложений, чередующихся с прослойками супесей и мелкого песка. На втором гипсован-

ные прослойки обнаружены на глубине 0,2—0,5 м от поверхности земли, а на остальных участках на 0,6—1,5 м. Коэффициент фильтрации колебался в пределах 0,2—0,5 м/сутки. Объемный вес при естественном сложении почвогрунтов составлял 1,34—1,69 г/см³, порозность — 41—48% веса почвы.

Промывка велась постоянным затоплением с подачей воды из чека в чек. Размер чек в зависимости от степени спланированности участка — 0,02—0,03 га. За период вегетации риса на 1 га залитой площади подано воды

(брутто) на первом участке 30,3, на втором — 28,6, на третьем — 38,4 и четвертом — 36,7 тыс. м³.

Установлено, что по мере затопления рисовых чеков грунтовые воды постепенно поднимались и в период полного затопления в центральной части междренья находились в контакте с инфильтрационными. В то же время под действием дренажа создавались кривые депрессии уровня грунтовых вод в полосе вдоль глубоких закрытых дрен. С увеличением глубины заложения дрены резко выделяются линии перелома кривой депрессии. Так, при глубине дрены 1,8—2,0 м (второй участок) ширина полосы перелома кривой депрессии составляет 40—50 м от оси дрены в каждую сторону, а при глубине дрены 2,8—3,2 м (четвертый участок) она доходит до 70—80 м.

Известно, что при промывке засоленных земель весьма важное условие сохранения достигнутого эффекта рассоления той или иной толщи — скорость сработки уровня грунтовых вод после прекращения подачи воды. Чем выше скорость, тем меньше возможность обратной миграции солей восходящими токами.

Скорость понижения уровня грунтовых вод на участках колебалась от 4—6 см/сутки (совхоз № 26) до 3,1—3,2 (совхоз № 6). Отметим, что по мере приближения к оси глубокой закрытой дрены наступало уменьшение скорости снижения уровня грунтовых вод по сравнению с центральной частью междренья. Надо полагать, что это связано с зоной нависания грунтовых и инфильтрационных вод над закрытой дренажной, появившейся в результате несвоевременного отвода срабатываемых вод закрытыми дренажами.

Сопоставление данных по дренажному стоку с единицы площади по глубоким дренажам показывает, что сток имеет тенденцию к увеличению с углублением залегания гипсированных прослоек. По временным мелким дренажам, наоборот, он уменьшается. Наибольший объем отведенной воды по временным дренажам получен на первом и втором участках, где гипсированные прослойки обнаружены на глубине до 1,0 м. Модуль дренажного стока по участкам с мелкими и глубокими дренажами за период промывки оказался следующим, л/с/га:

Участок	Средний	Максимальный
Первый		
по глубоким дренажам	0,53	—
по мелким	1,12	—

Второй		
по глубоким	0,49	1,20
по мелким	0,56	1,24
Третий		
по глубоким	0,24	0,28
по мелким	0,68	0,71
Четвертый		
по глубоким	0,51	0,76
по мелким	0,43	0,64

Сопоставление объема воды, поданной на промывку, с отведенной дренажами по участкам, показывает, что соотношение вод, отводимых глубокими закрытыми дренажами, колеблется в пределах 11,6—39,5 % водоподачи, а временными — 24,8—82,8 %. С увеличением глубины залегания труднопроницаемых гипсированных прослоек объем отводимой временными дренажами воды уменьшается, а глубокими дренажами — увеличивается (табл. 57).

Анализ динамики дренажного стока и модуля по глубоким закрытым дренажам при промывке позволил выделить три периода: первый период — стабилизация стока и модуля; в связи с водоподачей происходит интенсивное увеличение их до стабильного, период длится 20—30 дней, это обусловлено и первую очередь неравномерным затоплением прилегающих к дренажам площадей и тем, что в этот период происходит насыщение пор почвогрунтов до полной влагоемкости;

второй период — стабилизация сработки дренажами подаваемой на участок оросительной воды, период длится 80—90 дней, имеет свои пики увеличения или уменьшения, в определенной степени связан с неравномерностью затопления чеков в процессе промывки — орошения риса;

третий период — послепромывной, он начинается сразу после прекращения подачи воды на промывку и длится 60—80 дней и более, т. е. до сработки уровня грунтовых вод до критического и отдачи почвогрунтами свободной воды.

Наблюдения показывают, что за период орошения риса с дренажными водами вынесено значительное количество воднорастворимых солей, однако если при расстоянии между глубокими дренажами 180 м объем вынесенных солей в 6 раз меньше, чем при временных дренажах, то в остальных случаях вынос почти одинаков (табл. 58). Это свидетельствует о том, что при относительно близком (0,2—0,8 м) к поверхности земли залегании гипсированных прослоек при промывке наиболее эффективны временные мелкие дренажи, которые способствуют выносу большого количества воднорастворимых солей из верхней толщи почвы. (рис. 64).

Таблица 57

Удельная водоподача и дренажный сток на участках посевов риса

Расстояние между дренажами, м		Глубина, м		Продолжительность промывки, сутки	Удельная водоподача (нетто), м ³ /га	Дренажный сток, м ³ /га			Сток, % водоподачи		
глубокие	мелкие	глубокие	мелкие			по временным дренажам	по глубоким дренажам	всего	по временным дренажам	по глубоким дренажам	всего
116	32	2,8—3,2	0,8—1,0	127	17 500	11 407	5 593	17 000	65,1	31,9	97,0
180	25	1,8—1,9	0,8—1,0	—	16 080	13 320	1 861	15 181	82,8	11,6	94,4
260	30	1,8—2,0	0,8—1,0	130	15 401	6 350	2 900	9 250	41,2	18,8	60,0
310	35	2,8—3,2	0,8—1,0	123	12 758	3 160	5 038	8 198	24,8	39,5	64,3

Отметим, что при достаточной протяженности коллекторно-дренажной сети водный

баланс территории складывается благоприятно в мелноративном отношении:

Участок	Приход, м ³ /га	Расход, м ³ /га
Первый (совхоз № 26)	Подано воды на промывку (брутто) 30 300 Атмосферные осадки —	Отведено КДС глубокой мелкой 5 593 Испарение и транспирация 12 039 Поверхностный сброс 203
	Итого 30 300	Итого 29 239
Второй (совхоз № 5)	Подано воды на промывку (брутто) 29 180 Атмосферные осадки 467 Запас влаги в толще 0—3 м 7 230	Отведено КДС глубокой мелкой 9 250 Испарение и транспирация 9 100 Запас влаги в толще 0—3 м 9 012 Поверхностный сброс 4 000
	Итого 36 877	Итого 37 111
Третий (совхоз № 6)	Подано воды на промывку (брутто) 38 460 Атмосферные осадки 252 Запас влаги в толще 0—3 м 8 553	Отведено КДС глубокой мелкой 6 400 Испарение и транспирация 10 800 Запас влаги в толще 0—3 м 13 410 Поверхностный сброс 12 560
	Итого 47 245	Итого 46 510
Четвертый (совхоз № 6)	Подано воды на промывку (брутто) 36 718 Атмосферные осадки 277 Запас влаги в толще 0—3 м 7 900	Отведено КДС глубокой мелкой 3 160 Испарение и транспирация 10 600 Запас влаги в толще 0—3 м 14 900 Поверхностный сброс 12 740
	Итого 44 915	Итого 46 438

Таблица 58

Изменение минерализации дренажного стока за период возделывания риса, г/л

Срок определения	Участок			
	первый	второй	третий	четвертый
До орошения риса				
по глубоким дренажам	24,1	22,4	20,9	47,3
по временным	8,4	19,0	9,4	56,7
В конце вегетации риса				
по глубоким	6,8	6,0	19,5	29,8
по временным	2,2	4,1	7,0	25,5
Итого				
по глубоким	—	28,6	59,0	167
по временным	—	162,7	55,5	151

Несмотря на достаточную дренированность территории, объем поверхностного сброса с рисовых полей довольно высокий — 12,5—12,7 тыс. м³/га. Это, к сожалению, часто отмечено при промывке в производственных условиях. Необходимо указать, что в таком объеме поверхностного сброса нет необходимости, так как в составе солей, содержащихся в почвогрунтах зоны нового орошения Голодной степи, соли кальция имеются в достаточном количестве и, следовательно, возможность «вспышки» щелочности, угнетающей культуру риса, маловероятна.

Сопоставление данных по засолению почвогрунтов до начала и после прекращения подачи воды на орошение показывает, что за период вегетации риса происходит довольно

Таблица 59

Изменение засоления почвогрунтов при возделывании культуры риса, %

Участок	Расстояние между дренами, м глубокие между	0—40 см		40—100 см		100—200 см		200—300 см	
		Cl ⁻	сумма вредных солей						
Первый	116	0,017	0,438	0,114	0,866	0,263	1,716	0,323	2,103
	32	0,016	0,298	0,012	0,276	0,035	0,480	0,151	1,324
Второй	181	0,070	0,610	0,111	0,761	0,199	Не определено	0,246	Не определено
	35	0,012	0,270	0,011	0,317	0,018		0,023	
Третий	260	0,014	0,365	0,048	0,184	0,040	0,572	0,060	0,623
	30	0,030	0,298	0,020	0,346	0,023	0,409	0,024	0,428
Четвертый	310	0,523	1,541	0,407	1,413	0,342	1,243	0,316	1,242
	35	0,014	0,236	0,040	0,335	0,070	0,539	0,172	0,933

интенсивное рассоление толщи, и то же время этот процесс тесно связан с исходной степенью засоленности почвы, условием затопления чеков и работой коллекторно-дренажной сети. Различие в исходном засолении почвогрунтов в определенной степени обусловило неодинаковую степень рассоления толщи (табл. 59).

Анализ интенсивности вымыва солей показывает, что при промывке независимо от исходной степени наиболее интенсивно из почвенной толщи вымываются хлориды (NaCl , MgCl_2). По нашим данным, при исходной средней степени засоления, помимо хлоридов, также происходит равномерный вымыв воднорастворимого гипса. Другие соли серной кислоты вымываются менее интенсивно, чем гипс. При исходной высокой степени засоления (четвертый участок) ниже толщи 0—40 см более интенсивно вымываются сульфаты (Na_2SO_4 , MgSO_4).

Рассоление почвенной толщи при орошении риса сопровождается также изменениями в характере распределения грунтовых вод с той или иной минерализацией. Как и степень рассоления почвогрунтов, минерализация грунтовых вод по ширине междурья изменялась неодинаково (табл. 60).

Промывка по крупным чекам. В целях повышения производительности труда при промывках ВНИИГиМ предложил способ промывки засоленных земель по крупным чекам — 2,5—3,0 га для почвогрунтов с значительной проницаемостью, где коэффициент фильтрации — более 0,5 м/сутки. Преимущество промывок по крупным чекам заключается в следующем. Увеличенный слой воды в крупных чеках предотвращает замерзание зимой, благодаря чему создаются условия

для проведения промывок в любое время года; это также позволяет форсировать их. Промывка по крупным чекам отличается чрезвычайной простотой, поливальщики практически не имеют контакта с водой. Установлено, что стоимость промывки низка, производительность труда поливальщика высокая.

Опытно-производственные испытания данного способа промывки проведены на территории хлопководческих совхозов № 4, 26 и др. в зоне нового орошения Голодной степи. Коэффициент фильтрации почвогрунтов составлял 0,8—1,0 м/сутки (совхоз № 4) и 0,2—0,3 (№ 26). В совхозе № 4 расстояние между дренами равно 250—260 м при глубине 3,0—3,2 м. Размер чеков колебался от 2 до 7 га.

Рис. 64. График эффективности вымыва солей хлора при промывках в зависимости от степени засоления почв:

(1—9 — номера опытов, I — на средних суглинках, II — на тяжелых).

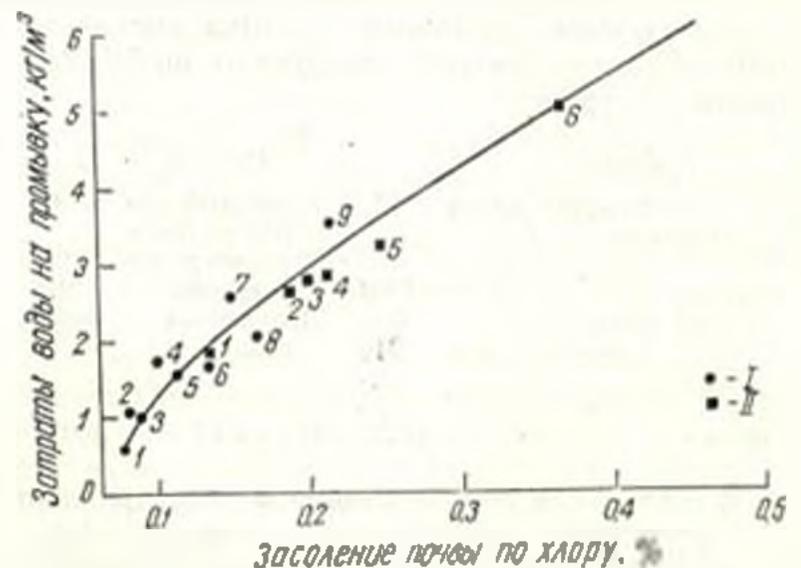


Таблица 60

Изменение послепольной минерализации грунтовых вод при промывке посредством культуры риса (в числителе—до промывки, в знаменателе—после нее), г/л

Участок	Место отбора пробы воды	На глубине 5 м		На глубине 7 м		На глубине 12 м		На глубине 16 м	
		Cl'	плот. ост.	Cl'	плот. ост.	Cl'	плот. ост.	Cl'	плот. ост.
Третий	В полосе вдоль дрена	$\frac{0,22}{0,80}$	$\frac{4,40}{5,94}$	$\frac{2,40}{2,70}$	$\frac{11,20}{13,78}$	$\frac{3,80}{3,65}$	$\frac{15,65}{14,20}$	$\frac{4,60}{4,30}$	$\frac{16,83}{14,95}$
	Посередине между дренами	$\frac{5,75}{0,32}$	$\frac{17,98}{9,41}$	$\frac{5,80}{5,30}$	$\frac{22,38}{20,86}$	$\frac{6,65}{0,440}$	$\frac{20,44}{17,28}$	—	$\frac{15,2}{17,23}$
Четвертый	В полосе вдоль дрена	—	—	$\frac{18,00}{20,00}$	$\frac{52,77}{51,33}$	$\frac{16,95}{15,70}$	$\frac{64,95}{42,21}$	$\frac{17,10}{20,9}$	$\frac{56,40}{53,25}$
	Посередине между дренами	$\frac{13,51}{2,9}$	$\frac{37,95}{9,49}$	$\frac{12,90}{16,30}$	$\frac{35,16}{45,88}$	$\frac{10,00}{16,50}$	$\frac{27,20}{45,18}$	$\frac{7,20}{15,70}$	$\frac{19,33}{42,56}$

Таблица 61

Рассолнение почвогрунтов при промывке по крупным чекам (в числителе—до промывки, в знаменателе—после), %

Номер чека	Показатель	Толщина, см			
		0—40	40—100	100—200	200—300
Первый	Cl'	$\frac{0,047}{0,011}$	$\frac{0,141}{0,013}$	$\frac{0,281}{0,175}$	$\frac{0,407}{0,411}$
	Сумма вредных солей	$\frac{0,530}{0,279}$	$\frac{1,314}{0,286}$	$\frac{1,795}{1,246}$	$\frac{2,225}{2,051}$
Второй	Cl'	$\frac{0,032}{0,011}$	$\frac{0,179}{0,018}$	$\frac{0,255}{0,216}$	$\frac{0,382}{0,408}$
	Сумма вредных солей	$\frac{0,670}{0,280}$	$\frac{1,312}{0,316}$	$\frac{1,665}{1,561}$	$\frac{1,985}{2,232}$

За период промывки — с декабря 1965 г. по март 1966 г. — подано 8121 м³/га воды. Установлено, что при норме подачи воды 5905 м³/га (нетто) объем дренажного стока составлял 6470 м³/га, что свидетельствует о подземном притоке к дренам:

Приход		Расход	
Исходный запас влаги в почвогрунте	6910	Конечный запас влаги в почвогрунте	8285
Осадки	1594	Испарение	2216
Подача воды	8121	Дренажный сток	6470
Приток напорных вод в дрена	710		
Итого	17335	Итого	16971

В совхозе № 26 расстояние между дренами составляло 80 м, глубина заложения их 3,0—3,2 м. Промывка проведена летом (июнь).

По мере затопления чеков подача воды прекращалась, а возобновлялась после сработки горизонта воды в чеках на 20—25 см. При таком режиме модуль дренажного стока в период промывки в среднем составил 0,37 л/сек га. При промывке дренажной сетью отведено воды в объеме 34,3—35,5% водоподачи, о чем свидетельствуют следующие данные, м³:

Приход		Расход	
Первый чек (площадь 3,0 га)			
Водоподача	33 525	Испарение	20 520
Осадки	4105	Дренажный сток	12 910
		Изменение запасов влаги	4100
Итого	37 636	Итого	37 530
Второй чек (площадь 3,0 га)			
Водоподача	32 405	Испарение	20 520
Осадки	4105	Дренажный сток	12 900
		Изменение запасов влаги	3 090
Итого	36 510	Итого	36 600

Анализ составляющих водного баланса на примере данного опытного участка показывает, что при промывке по крупным чекам в летний период большая часть воды затрачивается на испарение, т. е. подаваемая вода используется нерационально, значит, их целесообразно проводить в осенне-зимний период.

Сопоставление данных по засолению почвы (совхоз № 26) показывает, что полное опреснение почвы достигнуто в толще 0—100 см. Заметно уменьшилось засоление толщи 100—200 см, ниже которой в некоторых случаях обнаруживается его увеличение, что произошло вследствие перераспределения из верх-

Таблица 62

Интенсивность вымыва Cl' по вариантам опыта в слое 0—200 см

Плотность опыта	Толщина, см	Первый вариант (взрыв + вспашка + промывка)			Второй вариант (вспашка + промывка)		
		промытая норма, м ³ /га	удалено Cl' , %	затраты воды на вымыв 0,01% Cl' , м ³	промытая норма, м ³ /га	удалено Cl' , %	затраты воды на вымыв 0,01% Cl' , м ³
I	0—80	14 400	70,7	734	14 300	60,3	1043
	0—100		61,0	900		52,9	1311
	0—200		27,4	2360		28,4	2860
II	0—80	11 500	83,0	782	11 800	69,0	855
	0—100		81,4	845		62,9	1035
	0—200		55,3	1385		18,1	4069
III	0—80	12 100	72,9	817	11 500	75,6	974
	0—100		67,2	968		70,3	1074
	0—200		36,9	1833		35,0	2090
IV	0—80	12 900	78,2	796	13 100	27,9	1723
	0—100		75,5	889		16,3	2954
	0—200		51,0	1791		—	—

ней толщи. Вынос солей из верхнего метрового слоя составил 72%, из слоя второго метра 46% (первый чек) и 37% (второй чек) по сравнению с исходным (табл. 61).

За период промывки минерализация дренажного стока при исходной величине 58,7—59,2 г/л по плотному остатку снизилась до 16,7—20,1.

Сравнение затрат на промывку показало, что по обычным чекам для грунтов с $K_f = 0,6—0,7$ м/сутки стоимость промывки 1 га нормой 10 тыс. м³/га равна 471,2 руб., а по крупным чекам — 196,9 руб., для грунтов с $K_f = 1,0$ м/сутки соответственно 284,5 и 100 руб.

Промывка тяжелопроницаемых засоленных почв. Достаточно богатый опыт накоплен по промывке и сельскохозяйственному освоению засоленных или подверженных засолению земель с относительно хорошими водно-физическими свойствами. Приемы же эффективного рассоления земель с высокой степенью засоления и особенно с плохими водно-физическими свойствами и их последующего сельскохозяйственного использования под посевы основных севооборотных культур еще не разработаны. К землям с такими условиями относятся Шурузякское понижение (значительная часть территории Голодной степи), земли, прилегающие к Южному Голодностепскому каналу, часть Джизакской степи, Центральной Ферганы и др. Они характеризуются крайне слабой естественной дренированностью, низкими значениями коэффициента фильтрации, сильной засоленностью, гипсованностью. Отметим, что пока нет единых рекомендаций по промывке и сельскохозяйственному освоению слабопроницаемых гипсерованных почв.

Для ускорения процесса рассоления таких

почв опробован метод механического разрушения с помощью взрыва. Опыты (совхоз № 26 в Голодной степи) показали, что при применении мелкого взрыва объемный вес почвы уменьшается, а порозность увеличивается. Это обуславливает заметное, в 1,3—1,5 раза, увеличение водопроницаемости почвы по сравнению с контролем. Сравнение интенсивности рассоления почвы показывает, что эффект промывки по варианту с мелким взрывом в 2—2,5 раза выше (табл. 62).

Для получения равномерного и устойчивого рассоления тяжелопроницаемых земель также предложена двухстадийная промывка. Известно, что из-за низких фильтрационных свойств почв промывка на фоне временного мелкого дренажа не устраняет остаточного засоления полосы земель под временными дренами после заравнивания. В отличие от этого по предлагаемому варианту после рассоления верхней метровой толщи до оптимальных пределов (первая стадия) и заравнивания временные дрены нарезаются заново по середине междренной полосы первой стадии, через одно из этих междреней. Расстояние между временными дренами для второй стадии промывки делается в два раза больше, чем для первой стадии.

В опытах, проведенных в совхозе № 5 в Голодной степи, варьировали расположение временных мелких дрен (глубина 0,9—1,0 м) при 10 м между ними (первая стадия промывки) и после выравнивания их—20 м (вторая стадия).

Сопоставление результатов наблюдений показывает, что при промывке первой стадии в течение 110 суток (25 сентября — 15 января) на 1 га подано 14,4 тыс. м³ воды, суточная фильтрация достигла в среднем за период

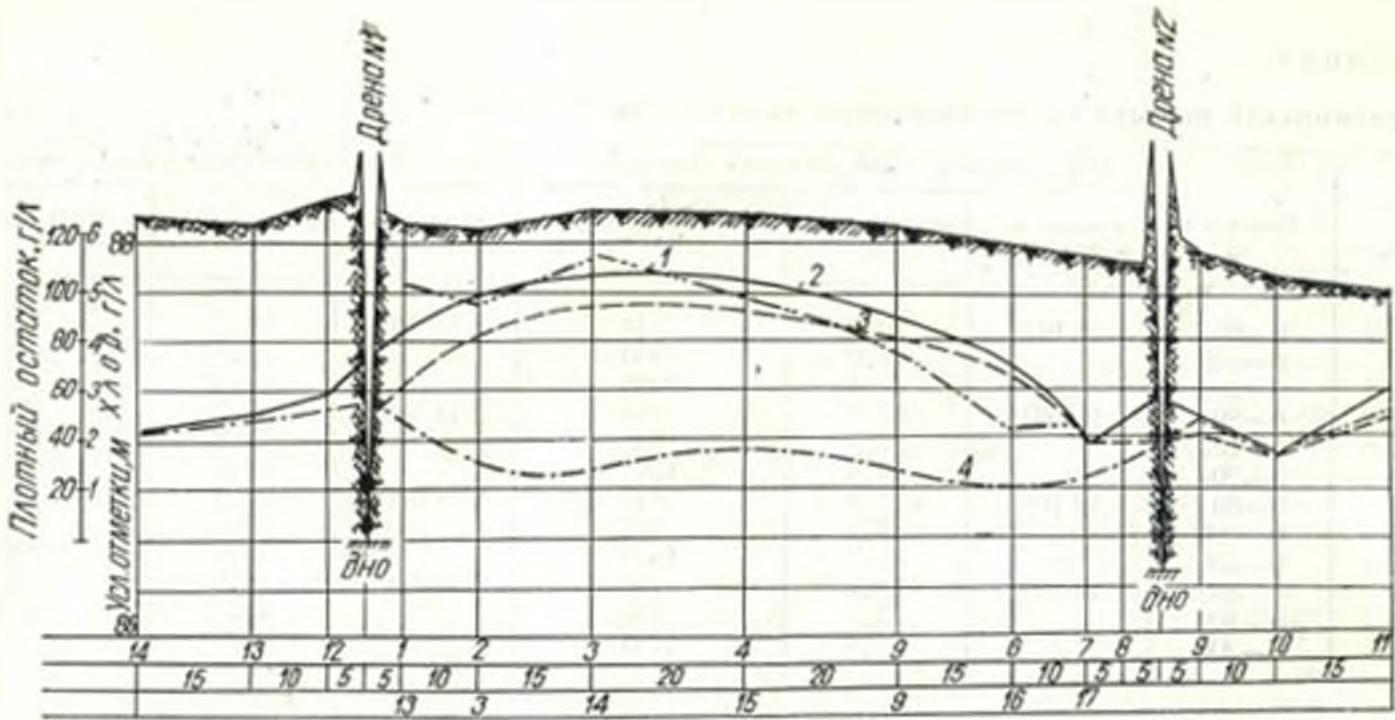


Рис. 65. Динамика минерализации грунтовой воды на междренни в период промывок по плотному остатку, г/л:

1 — 24. X до промывки, 2 — 12. II после второй промывки, M — 6350 м³/га, 3 — 4 III после второй промывки, M — 8830 м³/га, 4 — 30 III после четвертой промывки, M — 11350 м³/га.

промывки 130 м³/га, модуль подачи 1,55 л/сек/га. При промывке второй стадии за 40 суток подано 5,2 тыс. м³/га воды, суточная фильтрация — 92,0 м³/га, модуль подачи — 1,07 л/сек/га, т. е. учащение временного дренажа позволило значительно интенсифицировать процесс водообмена в промываемой толще почвогрунта.

При указанной интенсивности водообмена в толще в первую стадию промывки временными дренажами отведено 9,6 тыс. м³/га воды при среднем модуле дренажного стока 1,22 л/сек/га, дренажным стоком вынесено 129,4 т/га солей. При второй стадии промыв-

ки объем стока по временным дренажам составил 2,2 тыс. м³/га и вынесено 36,6 т/га солей. Глубокими дренажами отведено 3,32 тыс. м³/га воды и 207 т/га солей.

По контрольному варианту за тот же период промывки (150 суток) подано 16,0 тыс. м³/га воды и суточная фильтрация за весь период составила 88 м³/га при модуле подачи 1,02 л/сек/га. Временными дренажами отведено 8,5 тыс. м³/га воды при среднем модуле дренажного стока 0,67 л/сек/га. За период промывки отведено 84,0 т/га воднорастворимых солей. За рассматриваемый период глубокими дренажами отведено 3,15 м³/га воды и 148 т/га солей (рис. 65).

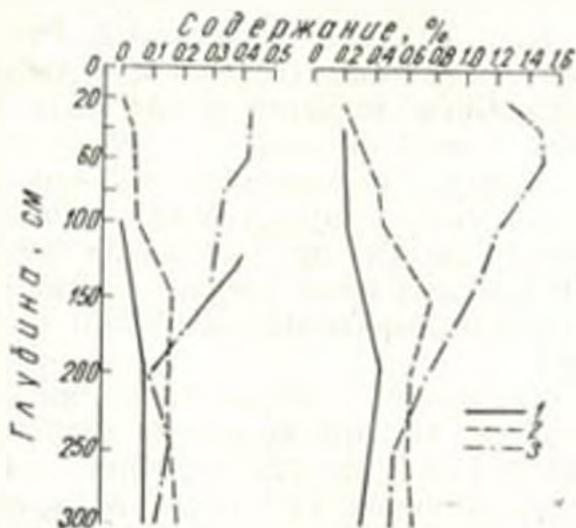
Следовательно, ускорение фильтрации воды через почвенную толщу путем строительства частого временного дренажа при прочих равных условиях способствует интенсивному выносу солей из почвогрунтов ниже глубины заложения временного мелкого дренажа. Правомочность этого предположения подтверждается данными, полученными в совхозе № 5 в Голодной степи, об изменении засоления почвы (рис. 66).

При чередовании размещений временного мелкого дренажа (стадийная промывка) отмечено равномерное рассоление почвогрунтов на глубину до 1,80—2,0 м (табл. 63).

Уход за промытыми землями. Бывшие засоленные земли, промытые до кондиции, т. е. до содержания в метровом слое почв С1' меньше 0,01 %, потенциально очень плодородны при соответствующей агротехнике. В большинстве случаев они содержат необходимое

Рис. 66. Содержание С1 (слева) и MgSO₄+NaSO₄+NaCl (справа) в толще почвогрунтов:

1 — до промывки, 2 — после промывки нормой 3100 м³/га, 3 — после промывки нормой 21000 м³/га.



Распределение почвогрунтов при промывке на фоне мягкого дренажа (в числителе—до промывки, в знаменателе—после нее), %

Расстояние между дренами, м	Показатель засоления	Слой, см					
		0-40	40-100	100-150	150-200	200-250	250-300
10	Cl ⁺	0,219 0,010	0,333 0,013	0,282 0,012	0,178 0,021	0,199 0,095	0,127 0,126
	Сумма средних солей	0,883 0,175	1,777 0,203	1,429 0,256	1,167 0,390	1,594 0,899	1,271 0,927
20	Cl ⁺	0,256 0,014	0,272 0,026	0,301 0,055	0,217 0,063	0,199 0,140	0,165 0,172
	Сумма средних солей	0,903 0,217	1,687 0,339	1,423 0,777	1,173 0,745	1,365 1,607	1,488 1,081

для растений количество микроэлементов: бора, молибдена, меди, марганца, кобальта, цинка, лития и др.

Предпосевная обработка на промытых землях зависит от постоянных и временных факторов: климатических условий, водно-физических свойств почв, степени засоренности участка, сроков сева, внесения удобрений и др. Если промывные поливы проведены осенью, зима была холодная, почва промерзла на значительную глубину, предпосевная обработка может состоять из предпосевного бороно-

вания или чизелевания. Если же зима была теплая и почва не промерзла, требуется предпосевное чизелевание, а при повышенной засоленности поля или на тяжелых почвах—перепашка с оборотом пласта. Во всех других случаях перепашка зяби после промывных поливов дает снижение урожая (табл. 64).

Труднорастворимые фосфорные удобрения и навоз могут вноситься до промывных поливов под основную вспашку. Все остальные легкорастворимые удобрения нужно вносить после промывных поливов.

На почвах, подверженных засолению, чрезвычайно важно своевременно проводить сев возделываемых культур. Каждый просроченный день после наступления спелости в самых верхних слоях почвы ведет не только к бесполезной потере почвенной влаги, но и к реставрации засоления. Все растения в молодом возрасте крайне чувствительны к солям, что приводит к затяжке фаз их развития и в конечном счете к снижению урожайности. Необходимо поддерживать промывной режим орошения или вести профилактические промывки до тех пор, пока не определится зона аэрации и грунтовые воды. Выполнение этих несложных мелиоративных мероприятий даст резкий подъем урожайности всех высеваемых сельскохозяйственных культур.

Таблица 64

Урожай хлопка-сырца в зависимости от предпосевной обработки (по данным опытной станции Федченко)

Способ обработки почвы после осенних поливов	Урожай, ц/га		Количество заморозной части урожая, %
	общий	заморозный	
Зябрь + промывка + чизелевание на глубину 8-10 см	41,7	37,5	90,0
Зябрь + промывка + чизелевание на глубину 18-20 см	40,9	37,6	91,9
Зябрь + промывка + боронование	40,4	37,8	93,6
Зябрь + промывка + перепашка на 16-18 см	37,7	34,5	91,6
Промывка + весновспашка на глубину 24-26 см	32,6	28,7	88,1

Основной прием освоения первичнозасоленных земель — капитальная промывка, с помощью которой достигается рассоление почвогрунтов за один прием на глубину 1 м и более, что позволяет сравнительно быстро подготовить земли для возделывания сельскохозяйственных культур.

ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова совместно с Главголодностенстроем и Средазгипроводхлопком с 1962 г. начал исследования по разработке технологии и техники капитальной промывки в новой зоне освоения Голодной степи, что является составной частью комплексного метода ирригационного строительства на засоленных землях.

Благодаря разработкам ВНИИГиМ и других научно-исследовательских институтов (АзНИИГиМ, МГМИ, САНИИРП и др.) капитальная промывка нашла широкое применение в Узбекистане и в других республиках Средней Азии и Закавказья. Она ведется специализированными организациями на фоне глубокого систематического дренажа по проектам, в которых предусматривается рассоление почвогрунтов на глубину не менее 1 м промывной нормой 10—20 тыс. м³/га и более.

Накоплен большой опыт применения капитальной промывки при освоении засоленных земель, усовершенствованы ее технология и техника. Установлено, что лучшим временем для капитальной промывки является осень, так как уровень грунтовых вод опускается наиболее глубоко, потери воды на испарение уменьшаются в 2—2,5 раза, а температура почвогрунтов еще достаточно велика. Однако, учитывая необходимость эффективного использования рабочей силы, техники и оросительной воды, с целью ускорения темпов освоения засоленных земель целесообразно и экономически оправдано проведение капитальных промывок в течение всего года с таким расчетом, чтобы промывка участка проходила за один осенне-зимний или летний сезон.

Особенности промывок засоленных земель при вертикальном дренаже. Вертикальный дренаж — это пока единственный способ мелиорации засоленных земель, позволяющий ликвидировать причину засоления — передвижение в зону аэрации минерализованных подземных напорных вод и их интенсивное испарение. Устойчивого рассоления почвогрунтов с помощью горизонтального дренажа не всегда удается достигнуть, так как зона перемещения промывных и поливных вод охватывает лишь самую верхнюю толщу, в связи с чем требуется постоянное применение промывного режима орошения сельскохозяйственных культур и осенне-зимние влагозарядковые промывные поливы.

Вертикальный дренаж обычно устраивают на глубину 50÷100 м с таким расчетом, чтобы напорные воды отбирались непосредственно из водоносного пласта. При этом гидродинамическое давление в пласте снижается, что приводит к прекращению или уменьшению интенсивности перемещения напорных вод в зону аэрации. Более того, при загрузке зоны аэрации промывными или поливными водами создается дополнительное давление, градиент напора меняет знак, вследствие чего инфильтрационные воды перемещаются сверху вниз в водоносный горизонт. Снятие в водоносном горизонте напора обеспечивает перетекание фильтрационных и грунтовых вод через всю толщу покровных напластований в водоносный прослой. Это и создает условия для устойчивого рассоления всей покровной толщи.

Экспериментальные исследования ВНИИГиМ по промывкам засоленных земель на фоне вертикального дренажа проводились в 1967—1972 гг. в производственных условиях на землях хлопководческого совхоза им. Узаква общей площадью около 3000 га (рис. 61)

Цели исследований были следующими: установить режимы грунтовых и напорных вод на землях, обеспеченных вертикальным дрена-

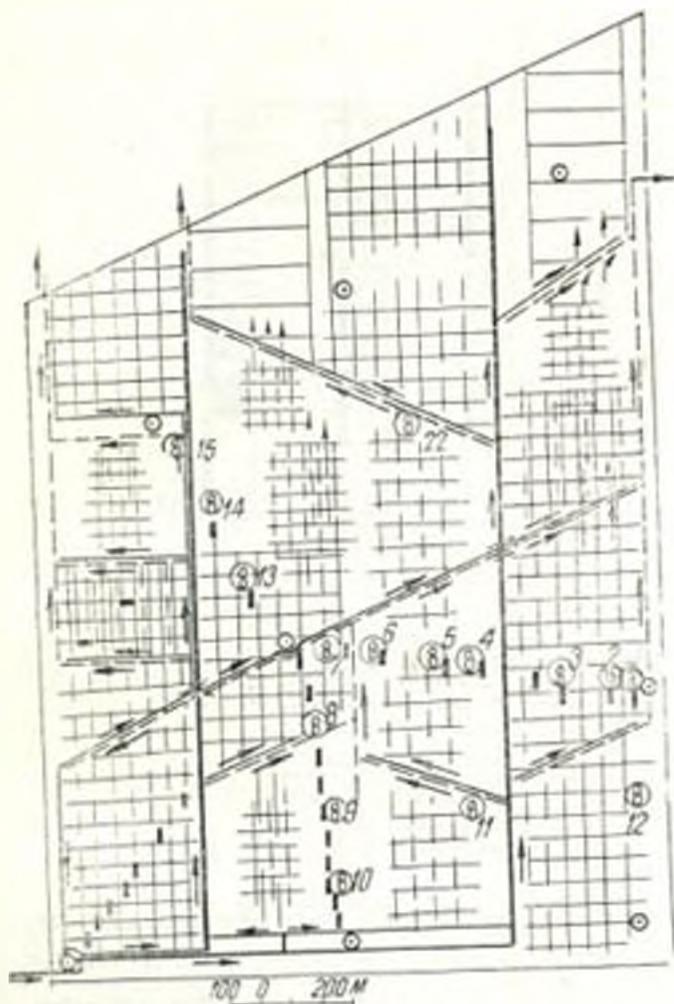


Рис 67 Схема опытно-производственного участка в хлопководческом совхозе им. Узакова:

1 — временный ороситель, 2 — временный собиратель, 3 — внутриконтурный ороситель, 4 — площади, промываемые без временного дренажа, 5 — большие чеки, 6 — скважины вертикального дренажа, 7 — фильтрационная площадка, 8 — куст пьезометров (№ 1—15), 9 — площади, промываемые с временным дренажом, 10 — одновременная промывка.

жем, при промывках и в период освоения земель под сельскохозяйственные культуры; выявить зоны влияния вертикального дренажа (группы вертикальных дрен и отдельных скважин) в эти периоды; определить показатели водного и солевого балансов при промывках на фоне вертикального дренажа и в последующий период; установить наиболее эффективную технологию и технику промывок в зависимости от степени дренированности почвогрунтов и их водно-физических свойств.

Опытный участок расположен в юго-восточной части Голодной степи, в периферийной части конуса выноса. Для него характерны слабая естественная дренированность, мине-

рализованнные напорные подземные воды. Это обусловило создание системы вертикального дренажа.

Участок исследований площадью 360 га на глубине до 100 м сложен переслаивающимися суглинками, супесями, песками и глинами с различной мощностью залегания, изменяющейся как по площади, так и по глубине. Провести резкое разделение по водоносным и водоупорным горизонтам трудно из-за линзообразного залегания геологических напластований, гидравлической связи между прослоями через «окна», а также вследствие водопроницаемости самих прослоев.

Осреднение по площади, обеспеченное вертикальным дренажем, показало, что проводимость разреза на глубину заложения скважин вертикального дренажа можно считать равной 50—80 м²/сутки при площади обслуживания скважиной около 60 га.

Почвы участка лугово-сероземные, слабо- и среднеглинистые. Почвенный покров был нарушен при капитальной планировке земель. Поверхностные слои оказались сложеными либо подпочвенными на местах срезов, либо смешанными породами в местах насыпок, либо имели естественное сложение на нулевых отметках. Почвогрунты сильнозасоленные с максимальным содержанием токсичных солей 1,5—2,0% (от веса сухой почвы) и 0,5% по содержанию Cl в слое 20—150 см. Тип засоления хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевый. Объемный вес почвогрунтов в слое 0—100 см в среднем равен 1,5 г/см³; постепенно увеличиваясь, на глубине 300 см он достигает 1,7 г/см³ порозность при этом уменьшается с 52 до 38%. Вертикальный коэффициент фильтрации в почвогрунтах изменялся по площади и глубине в пределах 0,15—0,5 м/сутки, в среднем по участку равен 0,24.

Для детальных исследований режимов напорных и грунтовых вод, распределения скоростей фильтрации промывных вод и установления эффекта рассоления почвогрунтов на участке построена густая сеть стационарных пьезометров из 17 кустов по 5 пьезометров в каждом с заложением фильтров на глубинах 10, 25, 50, 75 и 100 м, наблюдательных скважин, фильтрационных и солевых площадок, а также водомерных постов и устройств для учета дренажного стока и воды, подаваемой на промывку.

Участок имел 8 скважин вертикального дренажа с суммарным модулем дренажного стока около 0,4 л/сек/га (рис. 68).

Ежедневные наблюдения с 20 июня по 11 августа за уровнем воды в пьезометрах в допромывной период показали, что в среднем

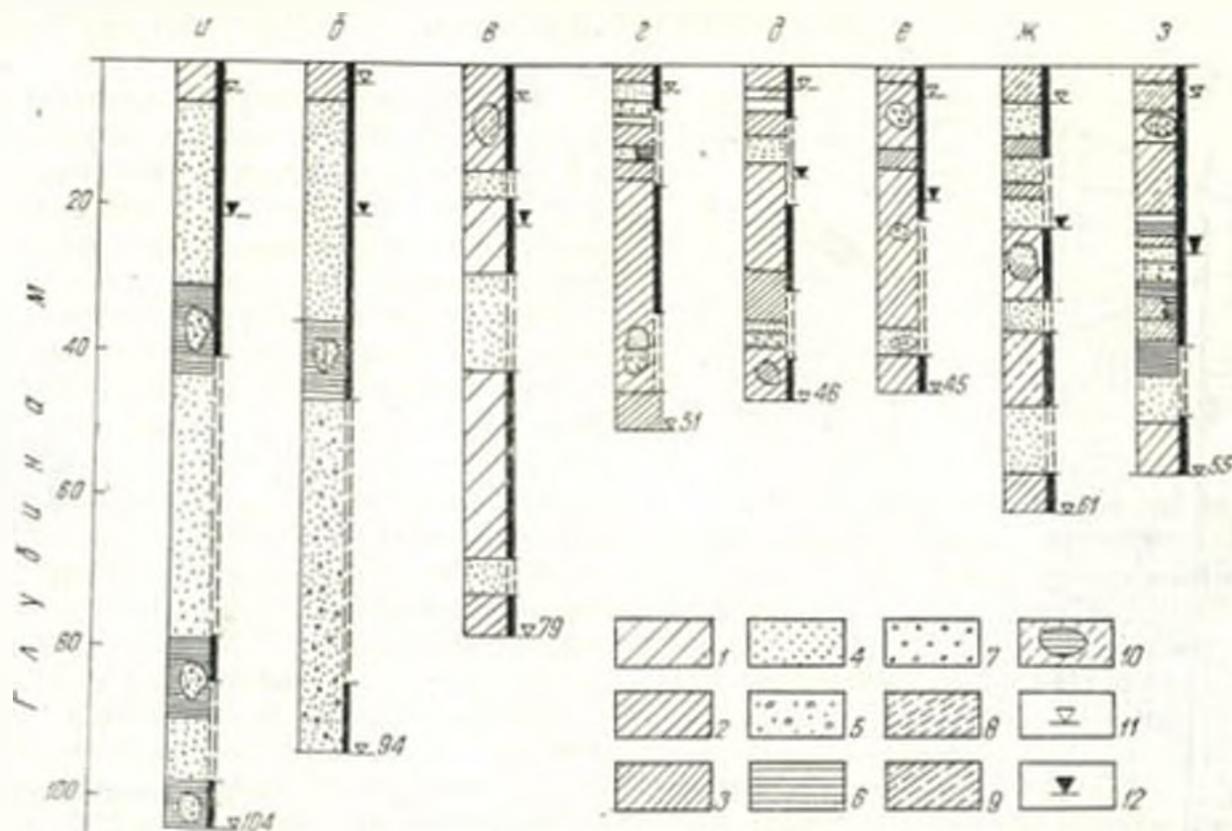


Рис. 68. Гидрогеологическая характеристика скважин вертикального дренажа, их дебит при строительной откачке:

а — скв. 2а, Q=17 л/сек, б — скв. Б, Q=20, в — скв. 4-29, Q=20, г — скв. 3, Q=12, д — скв. 54, Q=12, е — скв. 53, Q=17, ж — скв. 4-29, Q=20, з — скв. 56, Q=15 л/сек: 1 — суглинок легкий, 2 — суглинок средний, 3 — суглинок тяжелый, 4 — песок, 5 — галечник и щебень, 6 — глина легкая и средняя, 7 — гравий и дресва, 8 — сугесь легкая, 9 — сугесь тяжелая, 10 — фильтры и пересадочники, 11 — статический напор, 12 — динамический.

по участку наивысший уровень (4,7 м от поверхности земли) был в пьезометрах глубиной 100 м. Уровни воды в пьезометрах глубиной 25, 50 и 75 м в течение всего периода наблюдений отличались на величину около 0,1 м. Особенно близкими оказались уровни в пьезометрах глубиной 25 и 75 м. Объясняется это тем, что забор воды при откачке производился преимущественно с этих глубин. Превышение уровней в этих пьезометрах над уровнем воды в пьезометрах глубиной 10 м составляло около 0,4 м (рис.69).

Наблюдения позволили выявить колебания уровней с периодом 10—30 суток в пьезометрах глубиной 75 и 100 м, что оказывало существенное влияние на формирование режима подземных вод. Эти колебания, по-видимому, вызваны увеличением в отдельные периоды подземных потоков, движущихся со стороны Туркестанского хребта.

Изменение пьезометрического напора в значительной степени влияет на дренирование земель с помощью вертикального дренажа. Устойчивое дренирование наблюдается в периоды снижения пьезометрических уровней на глубинах 75 и 100 м. В период повышения их, особенно на участках с неглубоким заложением фильтров скважин вертикального дренажа (менее 75—100 м), наблюдается их устойчивый уровень или даже подъем.

Как показали исследования, при непрерывной работе скважин вертикального дренажа в течение 3—4 месяцев и при отсутствии инфильтрационного питания на участке достигается снижение уровня грунтовых вод до 5—7 м. Тем самым создается свободная от гравитационных вод аэрированная емкость в толще почвогрунтов.

При свободной емкости можно ускорить процесс рассоления и провести его с меньшими затратами сил и средств. Легкорастворимые соли перемещаются в глубокие слои грунтов, а после смыкания с подземными водами удаляются вертикальным дренажем.

Величина свободной емкости может быть различной, больше или меньше той, которая требуется для вмещения всей промывной нормы. Глубина зоны аэрации h_c толщи почвогрунтов (свободная емкость), необходимая для вмещения промывной нормы N ($m^3/га$), равна, м:

$$h_c = h_p + 0,0001 \frac{N}{\sigma_{cp}}, \quad (1)$$

где h_p — требуемая глубина рассоления, м;
 σ_{cp} — свободная порозность грунтов в среднем для глубины насыщения, приблизительно равная 0,01—0,1.

При сравнительно небольших величинах σ_{cp} свободная емкость, требующаяся для вме-

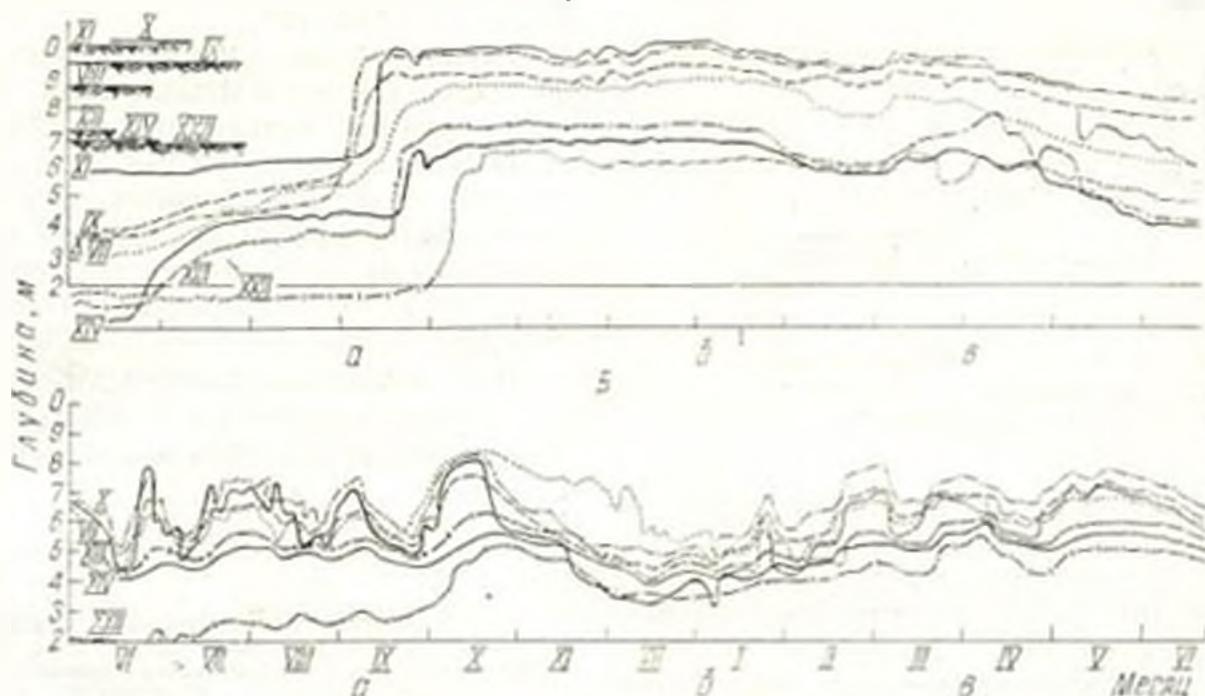


Рис. 69. Изменение пьезометрических уровней:

А — пьезометры 10 м. Б — пьезометры 100 м, а — в начале затопления участка, б — в период частичного его затопления, в — в конце промывки, X—XII — номер куста пьезометра.

шения промывной нормы, может быть очень большой (10—20 м), т. е. такой, которую вертикальный дренаж в обычных условиях не всегда может создать. Поэтому основной вид промывок при вертикальном дренаже должен быть комбинированным: сначала проводится заполнение ограниченной свободной емкости, а затем — промывка, рассчитанная на работу дренажа.

Фактическая глубина свободной емкости Π определяется по показаниям наблюдательных скважин с учетом высоты капиллярного поднятия:

$$\Pi = h_{\text{св}} - h_{\text{к}}, \quad (2)$$

где $h_{\text{св}}$ — уровень грунтовых вод от поверхности земли, м;

$h_{\text{к}}$ — высота капиллярного поднятия, м.

Особенность промывок в свободную емкость — большая скорость фильтрации промывных вод, так как фильтрация происходит при гидравлическом градиенте, близком 1.

Количество воды, требующееся для заполнения свободной емкости глубиной $h_{\text{св}}$, будет равно

$$W = 10000 h_{\text{св}} \sigma_{\text{ср}}, \quad \text{м}^3 \text{ га.} \quad (3)$$

Расход воды Q (л/сутки), который необходим для обеспечения затопления участка площадью F , в начальный период промывки при частичной свободной емкости, вмещающей

меньше половины промывной нормы N , ориентировочно может быть определен по формуле

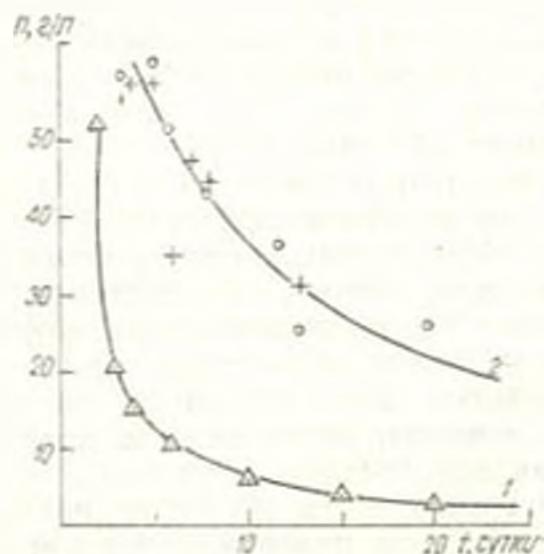
$$Q = (2,0 + 3,0) 116 VF, \quad (4)$$

где V — скорость сработки слоя воды на поверхности земли после заполнения свободной емкости за счет фильтрации, обеспечиваемой дренажем, при установившемся режиме промывки, м/сутки;

2,0÷3,0 — округленное значение степени превышения фильтрации на поверхности земли в начальный момент в свободную емкость

Рис. 70. Вымыв солей на глубине 2 м:

1 — при промывке в свободную емкость; 2 — при промывке в зоне слабого влияния вертикального дренажа при усредненном времени (скорость фильтрации $v = 0,6$ м/сут).



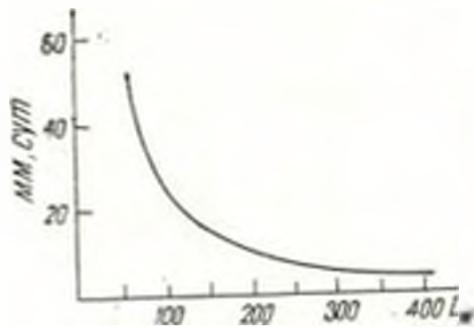


Рис. 71. Функция изменения скорости фильтрации в зависимости от расстояния до скважины.

над установившейся фильтрацией после ее заполнения за счет действия дренажа.

Значения Q для всего участка могут быть очень большими, поэтому при наличии свободной емкости затопление производят последовательно по картам при быстром маневрировании подачей воды.

Оптимальный вариант подбирают, варьируя значениями Q , которые ограничены мощностью водопитателей и площадью карты единовременного затопления F . Следует предусматривать устройства, обеспечивающие быструю подачу больших расходов воды на карты участка промывки. Для этого можно применять в качестве временных оросителей гибкие трубопроводы (капроновые шланги) с регулируемым выпускными отверстиями.

Опыт показал, что увеличение фильтрации промывных вод ведет к ускорению вымыва солей из толщи почвогрунтов (рис. 70).

Характер движения промывных вод после заполнения свободной емкости изменяется: образуется непрерывный сплошной поток промывных вод с поверхности земли в дрены со скоростями, значительно меньшими, чем при фильтрации в свободную емкость. Потенциалы напоров для каждой линии токов будут зависеть от расстояний до скважины вертикального дренажа, поэтому скорость фильтрации промывных вод будет неодинаковой в разных точках участка: больше у скважин и меньше в удалении от них (рис. 71).

Существенная особенность гидродинамической схемы движения подземных вод при промывке на фоне вертикального дренажа — перераспределение потоков подземных вод. Гидростатические нагрузки, возникающие при затоплении участков водой во время промывки, резко уменьшают долю напорных вод в общем расходе скважин вертикального дренажа.

Густая сеть пьезометров позволила с большой точностью построить гидродинамические схемы движения напорных вод при работе

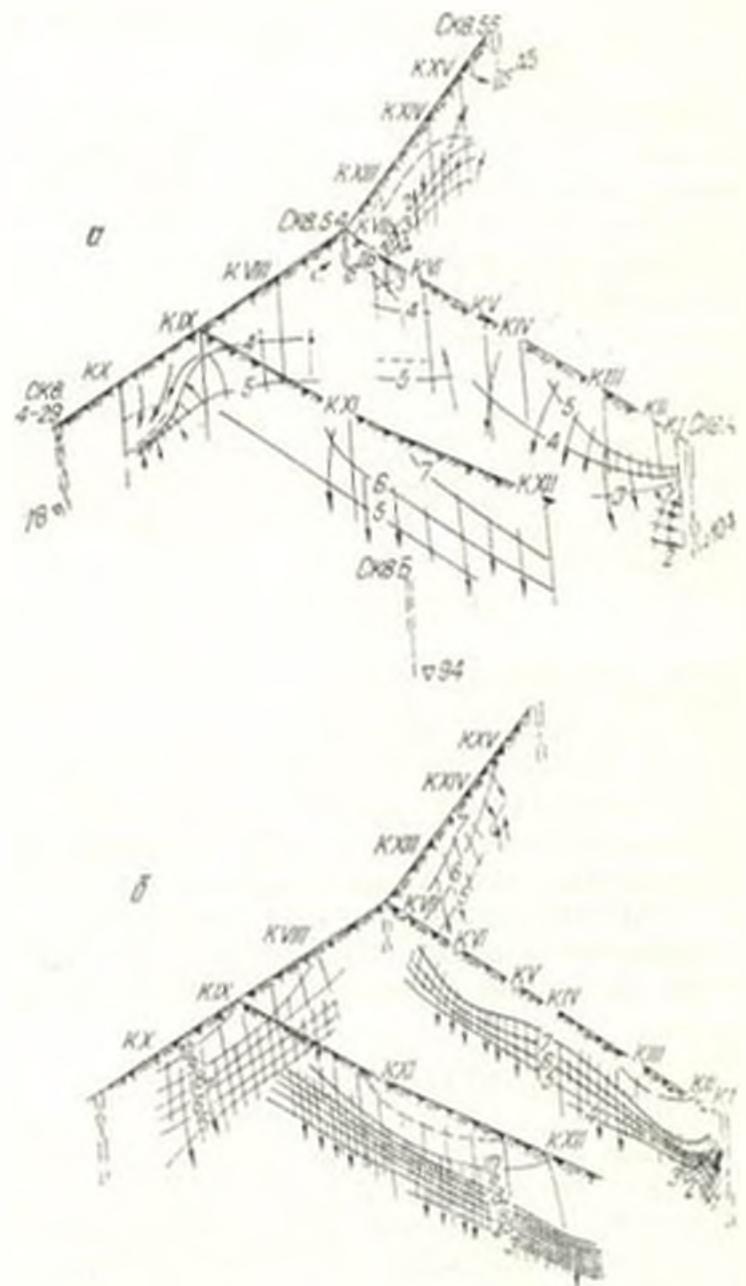
вертикального дренажа до промывки и в процессе ее (рис. 72).

Установленная неравномерность в распределении скоростей фильтрации в зоне действия скважин вертикального дренажа — определяющий фактор при выборе технологии промывки, в первую очередь для установления продолжительности затопления участков, расположенных на разном удалении от скважин, а также величины промывной нормы (рис. 73, 74, 75).

Для технико-экономически целесообразной технологии промывок в радиусе мелiorативного влияния скважин вертикального дренажа

Рис. 72. Гидродинамическая сетка движения подземных вод:

а — при длительно работающем вертикальном дренаже и при повышенном пластовом давлении на глубине 73–100 м (поверхность земли не затоплена промывными водами), б — при сплошном затоплении поверхности земли промывными водами.



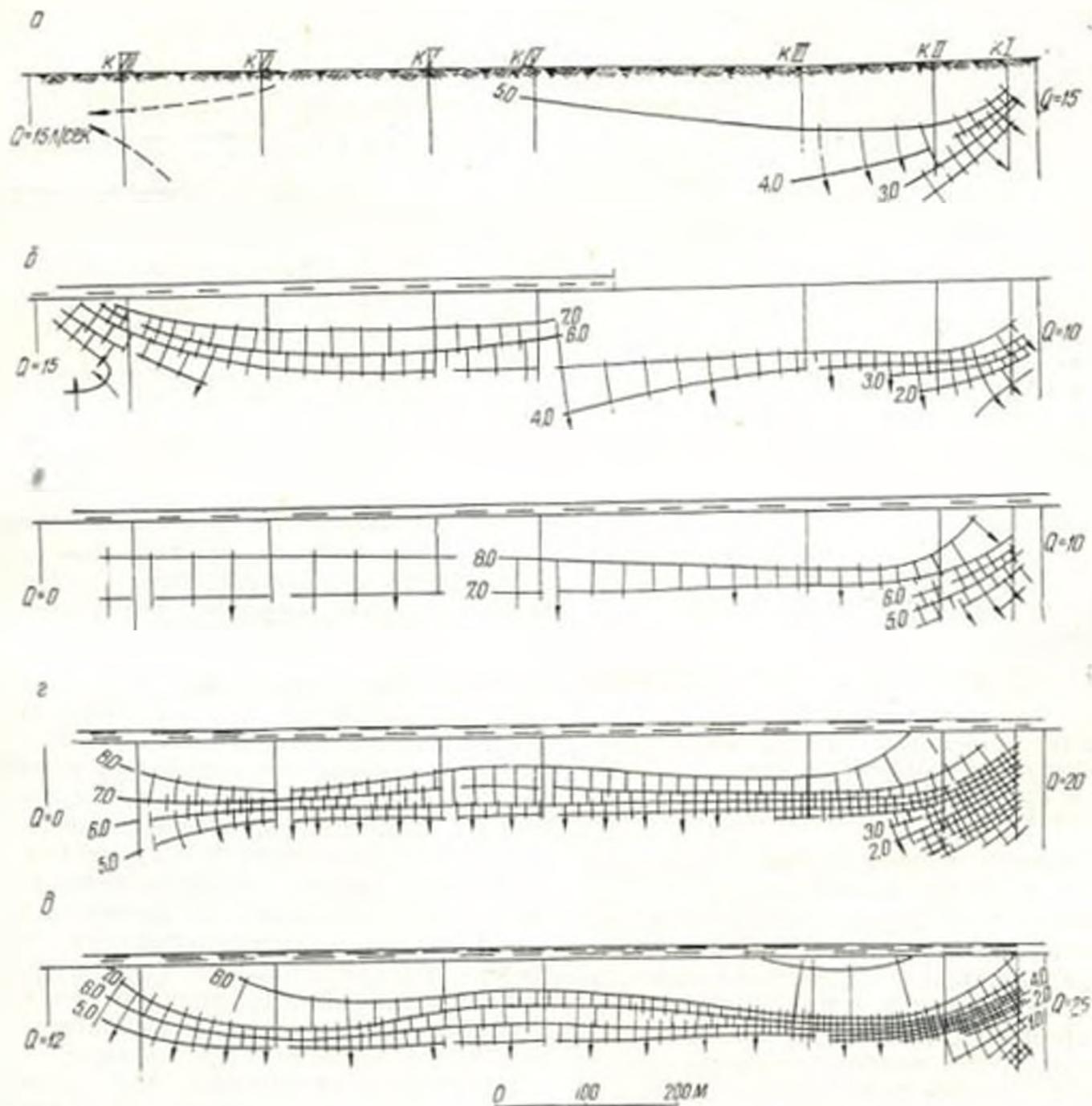


Рис. 73. Изменение гидродинамической сетки движения подземных вод к скважинам А и № 54 по мере постепенного затопления поверхности земли промывными водами:

а—VII — довер конца эксперимента; б — поверхность не залита водой, глубина грунтовых вод 6—7 м (23 VIII. 71 г.), в — поверхность затоплена водой около скважины (22 IX. 71 г.), г — вся поверхность затоплена водой (20 X. 71 г.), д — спустя 1,5—2,5 месяца после затопления (24 XI. 71 г.), е — то же (13. I. 72 г.).

можно выделить три зоны с различными скоростями фильтрации промывных вод (рис. 76):

первая — зона интенсивного действия; она примыкает непосредственно к скважине, не нуждается в специальных промывках, скорость фильтрации — $0,03 \div 0,04$ м/сутки, рассоление может быть достигнуто быстро за счет увеличения (на 30%) норм орошения;

вторая — зона основного действия; скорость фильтрации колеблется от $0,03 \div 0,04$ до $0,010 \div 0,015$ м/сутки, капитальную промывку можно производить за счет системати-

ческого вертикального дренажа, не прибегая к усилению его временным;

третья — зона слабого влияния дренажа, скорость фильтрации менее 0,01 м/сутки, промывка может быть проведена только с усилением вертикального дренажа временным.

Границы зон вертикального дренажа определяются методами гидродинамики.

Установлено, что гораздо худшие условия для рассоления почвогрунтов при наличии напорных вод наблюдаются на участках с горизонтальным дренажем. Так, на опытно-

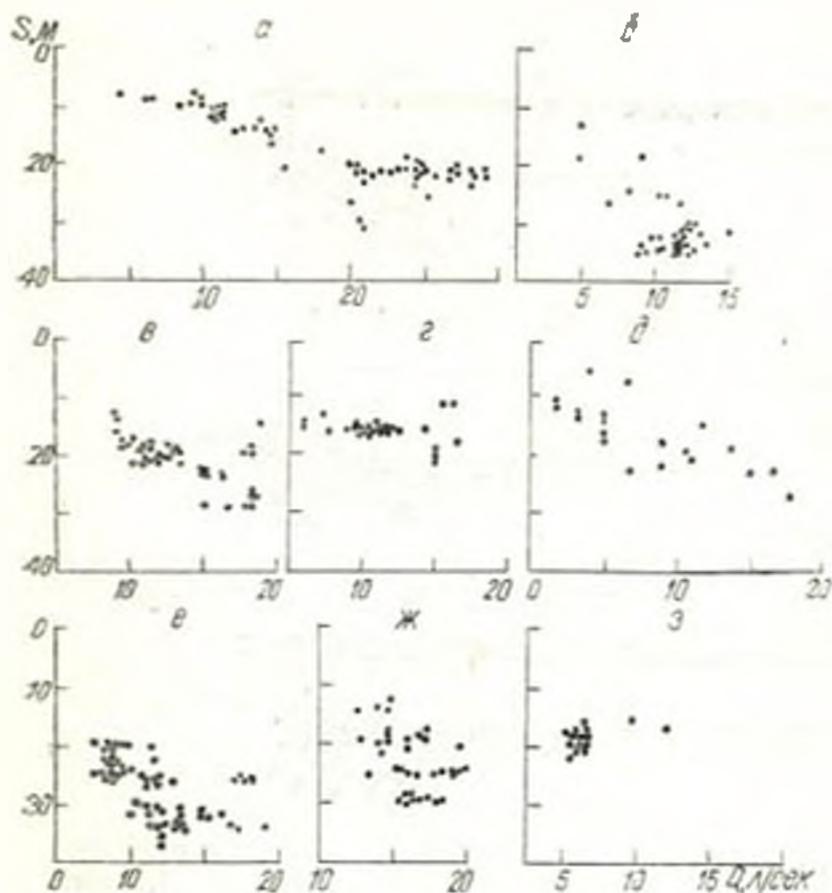


Рис. 74. Характеристика $Q-S$ скважин вертикального дренажа, минерализация дренажного стока:

а — скв. А, б — скв. 4-28, в — скв. 33, г — скв. 34, д — скв. 55, е — скв. 56, ж — скв. Б, з — скв. 4-24.

производственном участке третьего отделения совхоза им. Узакова, расположенном в зоне, примыкающей к Южному Голодностепскому каналу, несмотря на исправную работу закрытого горизонтального дренажа, заложенного на глубину $2,2-2,5$ м, и проведение капитальной промывки, в процессе освоения наблюдалось прогрессирующее засоление земель. Происходит это, по-видимому, потому, что в общем дренажном стоке преобладают напорные воды, что приводит к образованию на уровне кривой депрессии зоны с очень слабым

Рис. 75. Изменение скорости фильтрации на разном удалении от скважин:

1 — в радиусе действия скв. А; 2 — в радиусе действия скв. Б; 3 — при совместном действии скважин

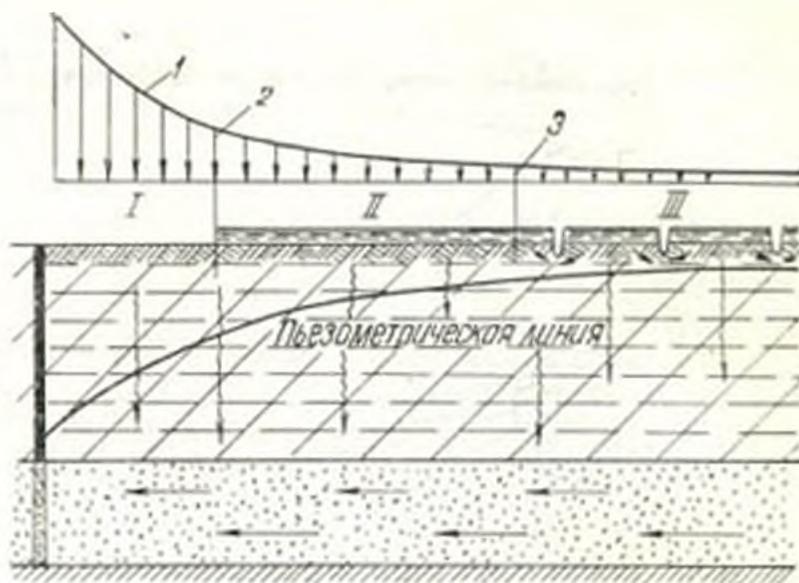
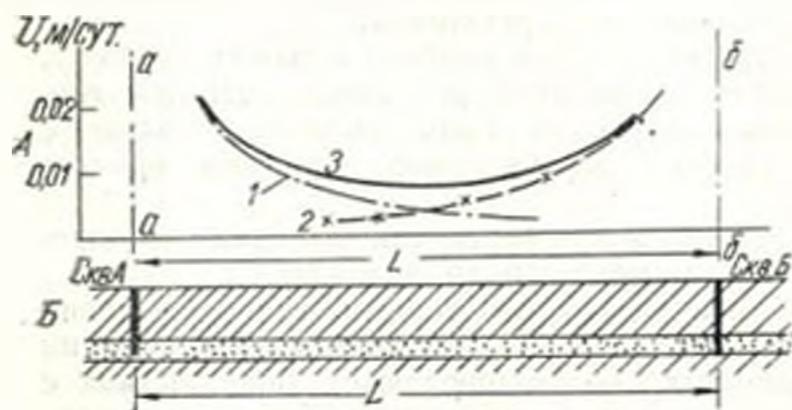


Рис. 76. Зоны действия вертикального дренажа:

I — зона, в которой капитальную промывку не проводят. II — капитальная промывка проводится без временного дренажа. III — капитальная промывка с временным дренажем. 1 — новая скорость фильтрации; 2 — скорость фильтрации $V=0,13-0,04$ м/сут, 3 — $V=0,15-0,01$ м/сут.

перемещением грунтовых вод в дренаж и создает застойную зону. Кривая депрессии располагается относительно высоко. При поливах уровень грунтовых вод поднимается до $0,4-0,7$ м от поверхности. Все это увеличивает испарение, а, следовательно, и минерализацию почвогрунтов и грунтовых вод.

Таким образом, соленакопление в грунтовых водах и удаление их дренажем приобретают свойства неустановившегося процесса. В условиях, когда соленакопление превышает удаление солей с грунтовыми водами, для усиления отвода минерализованных грунтовых вод в горизонтальный дренаж необходимо снизить долю напорных вод в общем расходе дренажа и увеличить долю грунтовых. Достигнуть этого можно строительством дополнительного вертикального дренажа, что позволит снизить напоры подземных вод. В аналогичных условиях целесообразно применение комбинированного дренажа — горизонтального, усиленного вертикальным.

Промывные нормы, сроки и продолжительность промывки. Промывная норма N (м³/га), продолжительность промывки t (сутки) и скорость фильтрации V (м/сутки) должны быть приведены в соответствие для получения требуемого предела рассоления и обеспечения хорошей промывки засоленных земель.

Основное условие хорошей промывки — создание такой степени дренированности территории, которая обеспечивает вертикальную проточность фильтрующихся пресных вод через почвогрунты. Параметры постоянного

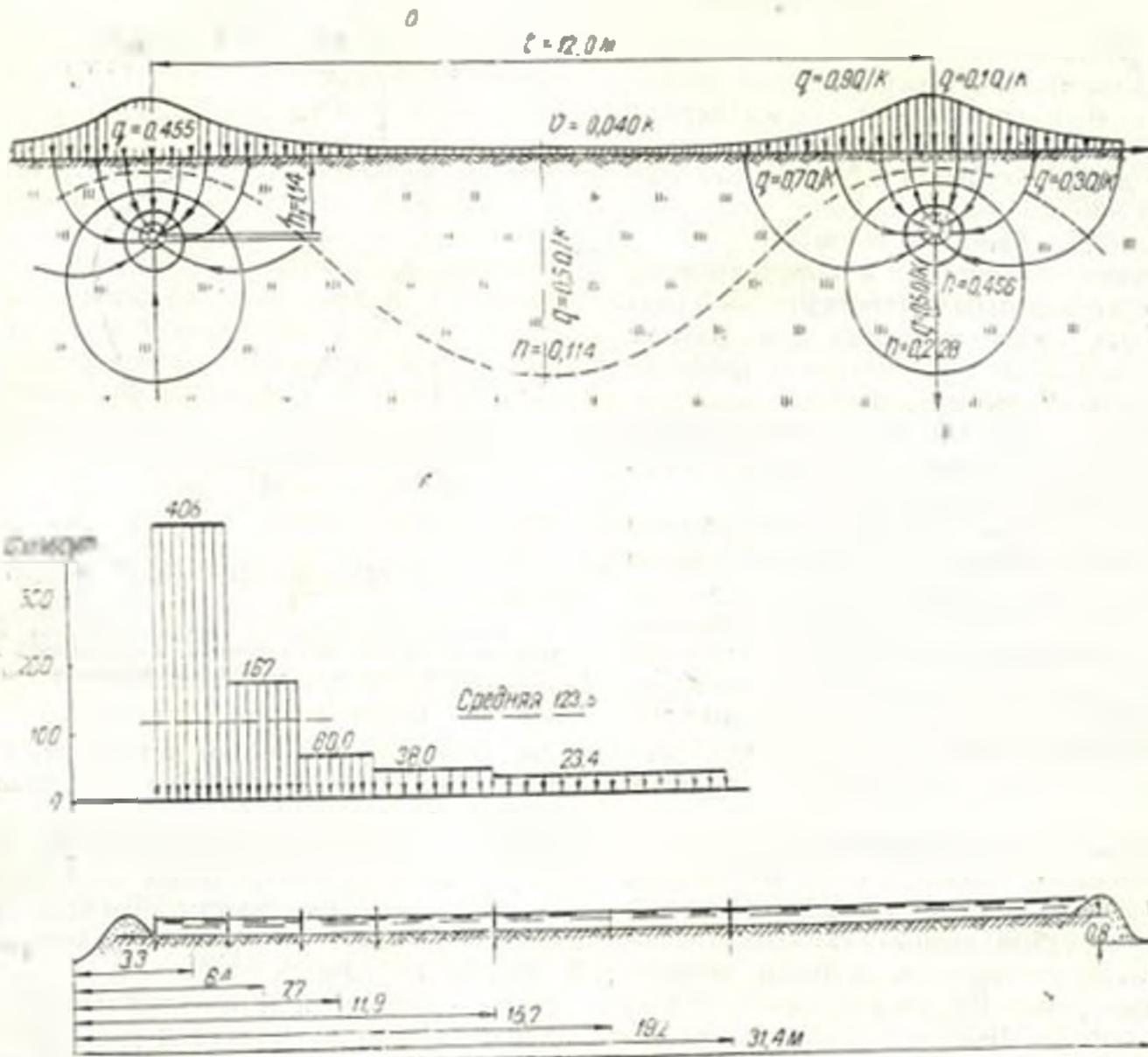


Рис 77. Распределение скорости фильтрации в направлении ширины междуренья при временном дренаже:
 а — по В. В. Велеринкову, б — опытные данные

дренажа, как правило, рассчитываются на эксплуатационный период, когда верхний слой почвогрунтов опреснен. Поэтому во время промывок для увеличения модуля дренажного стока и скоростей фильтрации промывных вод в зонах слабого влияния дренажа устраивают дополнительный временный горизонтальный дренаж, исходя из уравнений водного и солевого балансов.

Следует учитывать, что скорость фильтрации между временными дренажами, в свою очередь, распределяется неравномерно (рис. 77). Этим объясняется различный эффект промывки: почвы промываются в 3—5 раз интенсивнее на полосах, непосредственно прилегающих к временным дренажам, благодаря большим скоростям фильтрации на них по сравнению с площадями, расположенными в середине междуренья. Эти особенности необходимо учитывать при определении промыв-

ной нормы N , рассчитываемой чаще всего по формуле В. Р. Волобуева:

$$N = 10000 \alpha \lg \left(\frac{S_1}{S_2} \right), \text{ м}^3 \text{ га}, \quad (5)$$

где α — коэффициент солеотдачи почвогрунтов; S_1, S_2 — начальное и конечное засоление почвы, % или т/га.

От коэффициента солеотдачи и значительной степени зависит точность расчета промывной нормы. Его значения различны для почвогрунтов, отличающихся механическим составом, типом и степенью засоленности. Например, для почв легкого механического состава α колеблется от 0,62 до 1,8, а для почв глинистых с особо низкой солеотдачей — в пределах 2,7—3,3. В. Р. Волобуев определил его в лабораторных условиях на монолитах.

С целью уточнения расчета промывной нормы коэффициент солеотдачи α определяли и

в полевых условиях на участке, расположенном в середине между вертикальными дренами, в зоне слабого их влияния, где на период промывки были проложены временные горизонтальные дрены глубиной 0,7—0,8 м на расстоянии 30—35 м. Подачу воды на промывку осуществляли по цепочкам чеков.

Коэффициент солеотдачи α определяли на створах фильтрационных площадок — контрольных чеков, расположенных при разном удалении от скважин вертикального дренажа. Контрольные чеки были ограждены земляными валиками с экранами из полиэтиленовой пленки, чтобы не допустить перетекания в них воды с окружающей территории.

Суммарные потери воды на фильтрацию и испарение определяли по изменению ее уровня в контрольных чеках. Перед началом промывки и после ее окончания на участке проведена солевая съемка на глубину 450 см. В контрольных чеках в процессе промывки дополнительно определяли изменение запасов токсичных солей в слое 0—100 см после того, как профильтруются в толщу почвогрунта каждые 5 тыс. м³/га.

Съемка показала, что перед промывкой наиболее засоленным оказался слой 40—200 см, в нем содержалось в среднем до 2% токсичных солей (от веса сухой почвы). В более глубоких горизонтах запасы солей были заметно меньше и на уровне 450 см составляли 0,8%. Менее засоленным (0,5%) оказался верхний слой 0—20 см.

В результате промывки изменились запасы Cl' в среднем по всему участку и на фильтрационных контрольных чеках. Промывная норма (брутто) около 30 тыс. м³/га не позволила достигнуть порога токсичности по содержанию Cl' (0,01% от веса сухой почвы) из-за различной интенсивности фильтрации между постоянными и временными дренами, сложности учета и обеспечения равномерного затопления водой всего участка. На контрольных чеках, где систематически велись наблюдения за равномерностью затопления и строго учитывали количество профильтровавшейся воды, метровый слой был опреснен промывной нормой, равной 15—18 тыс. м³/га (рис. 78).

Анализ значений α , вычисленных по изменению запасов Cl' (табл. 65), позволяет считать, что он зависит, главным образом, от характера начального распределения солей по глубине, а также от способа его вычисления. Например, значения α , определенные по средневзвешенной величине засоления в диапазонах 0—100, 0—150 и 0—200 см и по средним показателям засоления в диапазонах 0—100, 100—150 и 150—200 см, практически одина-

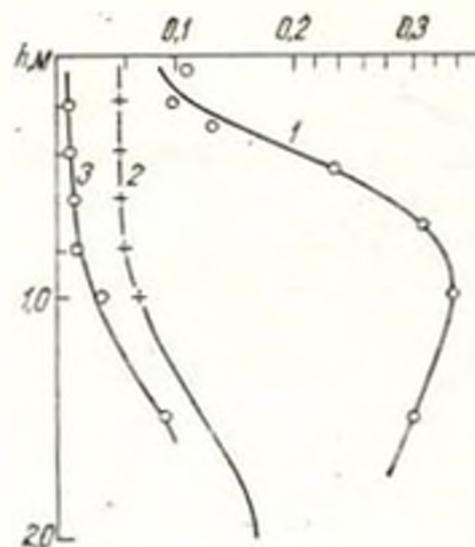


Рис. 78. Засоление скважин хлором в среднем по участку:

1 — исходное засоление; 2 — остаточное после промывки нормой около 30 тыс м³/га (брутто); 3 — остаточное на контрольных фильтрационных чеках после промывки нормой 15—18 тыс м³/га (нетто).

ковы. Величина его резко возрастает с изменением глубины, на которую рассчитывается опреснение.

Следует отметить, что полученные в полевых условиях на контрольных чеках значения α при большой повторяемости измерений весьма близки к тем, которые рекомендуются В. Р. Волобуевым.

При вычислении α по изменению запасов солей и количеству поданной воды (брутто) в среднем на всем участке он оказался равным 7—11, 11—17 и 14—20 для слоев почвы 0—100, 0—200 и 0—300 см. Эти показатели весьма далеки от значений, полученных в лабораторных условиях на монолитах и в полевых условиях на контрольных чеках. Объясняется это неравномерным распределением фактической промывной нормы по участку из-за разной интенсивности его дренирования.

Теоретическими расчетами и экспериментальными исследованиями установлено, что наибольшие скорости фильтрации, значительно превышающие ее средние значения, при

Таблица 65

Значения α , вычисленные по изменению запаса Cl' при начальном (S_1) и конечном (S_2) засолении

Промывная норма, тыс м ³ /га	0—100 м		0—150 м		0—200 м	
	S_1	S_2	S_1	S_2	S_1	S_2
10,3	0,41	1,01—0,6	0,39	0,03—0,6	0,38	0,07—0,7
17,5	0,41	1,11—1,0	0,39	0,01—0,8	0,38	0,03—0,8
15,2	0,16	0,01—1,4	0,21	0,06—1,9	0,24	0,11—2,2
13,5	0,22	1,0—1,4	0,29	0,03—1,9	0,32	0,07—1,4

промывках на фоне вертикального дренажа наблюдаются в радиусе до 300 м. На остальной части междренья они меньше среднего значения.

На участках, где постоянный дренаж усиливается временным, неравномерность в распределении промывной нормы будет еще более значительной. Она может быть выражена коэффициентом неравномерности β , представляющим собой отношение скорости фильтрации в центре междренья к средней скорости фильтрации по всему междренью. В условиях опыта величина β составила 0,38—0,40.

Отмеченная неравномерность может быть компенсирована путем увеличения промывной нормы. Это позволит обеспечить равномерную промывку всей площади между дренами, включая центры междреней с малыми скоростями фильтрации, до требуемого предела рассоления (0,3% по сумме токсичных солей и 0,01% по содержанию Cl' от веса сухой почвы).

Промывную норму рассчитывают, принимая во внимание минимальную скорость фильтрации в междренье. При расчетах по формуле (5) ее увеличивают на такую величину, которая позволила бы сгладить превышение средней скорости фильтрации по всему междренью над средней скоростью фильтрации в центре его. Эта величина находится в обратной зависимости от коэффициента неравномерности и в условиях опыта составляет 2,6—2,5 раза.

Для условий Голодной степи промывная норма, рассчитанная по формуле (5), составляет 7—10 тыс. м³/га, но при коэффициенте неравномерности, равном 0,4, фактическая величина ее будет составлять 17,5—25 тыс. м³/га, что и принимается при проектировании капитальных промывок.

Скорость перемещения солей в почвогрунтах вследствие движения фильтрационных промывных вод и промывную норму N определяют решением дифференциального уравнения солепереноса. При предварительных расчетах допускают осреднение начального засоления по глубине.

Примлемые результаты определения промывной нормы N получены при использовании формулы С. Ф. Аверьянова:

$$N = 10000 (2AV \sqrt{D^* t + x}) m, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (6)$$

где D^* — коэффициент конвективной (фильтрационной) диффузии, м²/сут;

x — требуемая глубина рассоления, м,

m — порозность почвогрунтов,

A — параметр, определяемый в зависимости от n ,

$$A = \frac{n - n_0}{n_0 - n_1},$$

где n — допустимое содержание солей, г/л,
 n_1 — минерализация оросительных вод, г/л,
 n_0 — исходное содержание солей, г/л.

Расчет производят следующим образом. Задаваясь продолжительностью промывки t , определяют промывную норму N , затем находят скорость фильтрации $V = \frac{N}{t}$ и сравнивают

ее со скоростями фильтрации, определяющими зоны влияния вертикального дренажа.

Величину D^* для малых скоростей фильтрации, характерных для условий движения грунтовых вод в дренаж, можно весьма приближенно вычислить по соотношению

$$D^* = \lambda V, \quad (7)$$

где λ — некоторая характеристика пропорциональности,

V — фактическая скорость движения воды в порах грунта, определяемая по зависимости

$$V = \frac{V_0}{m},$$

где V_0 — скорость фильтрации, м/сут;

m — активная порозность.

Тогда при скорости фильтрации промывных вод с поверхности земли к вертикальному дренажу $V \approx 0,01$ м/сутки D^* составляет 0,07 м²/сутки.

Подставляя в формулу (6) эти значения, получим при $t = 60$ суток $N = 2,2$ м, или 22 тыс. м³/га, $V = 0,037$ м/сут, при $t = 90$ $N = 2,5$ м, или 25, $V = 0,028$, при $t = 120$ $N = 2,8$ м, или 28, $V = 0,023$.

Промывная сеть и технологические схемы промывок засоленных земель при вертикальном дренаже. Промывную воду распределяют на поверхности участка по площадкам-чекам, огражденным земляными распределительными валиками (палами). Размеры чек определяют в соответствии с уклоном местности, необходимостью устройства временного горизонтального дренажа, степенью засоления почвогрунтов и их фильтрационными свойствами. Различают мелкие и крупные чеки. Предельное расстояние между валами и валиками внутри чека определяют по формуле

$$l = \frac{h}{i}, \quad (12)$$

где h — допустимая разность отметок земли внутри одного чека, м,

i — уклон плоскости планировки.

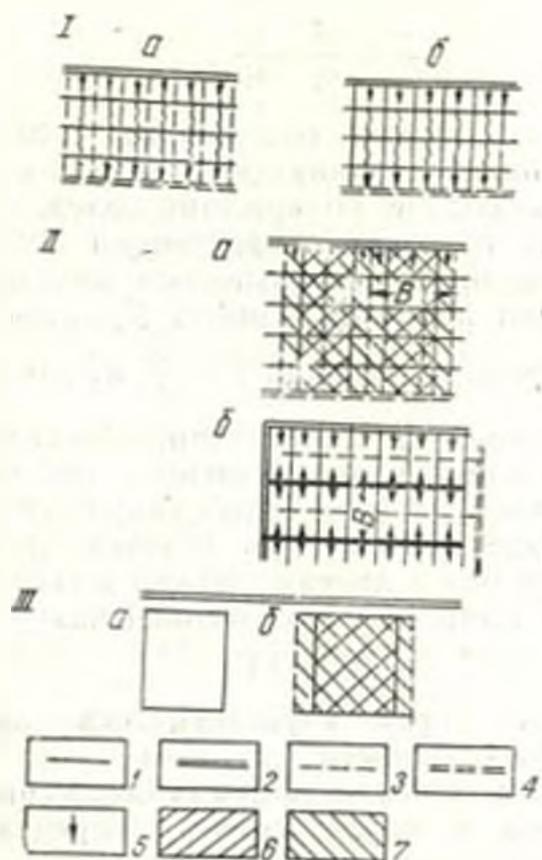


Рис. 79. Примерная схема трассировки промывной сети и способы затопления при вертикальном дренаже:

I, II — мелкие чеки, а — вариант с временным дренажем, б — без временного дренажа; III — крупные, а — ограждающий вал, б — глубокий временный дренаж; 1 — паз, 2 — временный ороситель, 3 — временная дрена, 4 — временный собиратель, 5 — водовыпуск, 6 — первая очередь затопления, 7 — вторая

Разность отметок h , внутри мелкого чека не должна превышать 0,08, внутри большого — 0,25 м.

Затопление по цепочке чеков в зависимости от зон влияния вертикального дренажа может быть одновременным и разновременным (рис. 79).

Одновременное затопление с временным дренажем (вариант Ia) применяется на участках с относительно тяжелыми почвогрунтами ($K_f \leq 0,5$ м/сутки) в зоне недостаточного влияния скважин вертикального дренажа, без временного дренажа (вариант I б) — в зоне эффективного действия вертикального дренажа.

Разновременное затопление с временным дренажем (вариант IIa) применяется при больших расстояниях (более 50 м) между временными дренажами (это возможно при временном дренаже глубиной 1,2—1,5 м), сильном засолении в зоне недостаточного влияния вертикального дренажа. Оно обеспечивает более равномерное рассоление между дренами, позволяет экономить воду.

Боковая промывка, по А. И. Калашникову (вариант IIб), применяется на средне- и сильнозасоленных почвах с временным дренажем

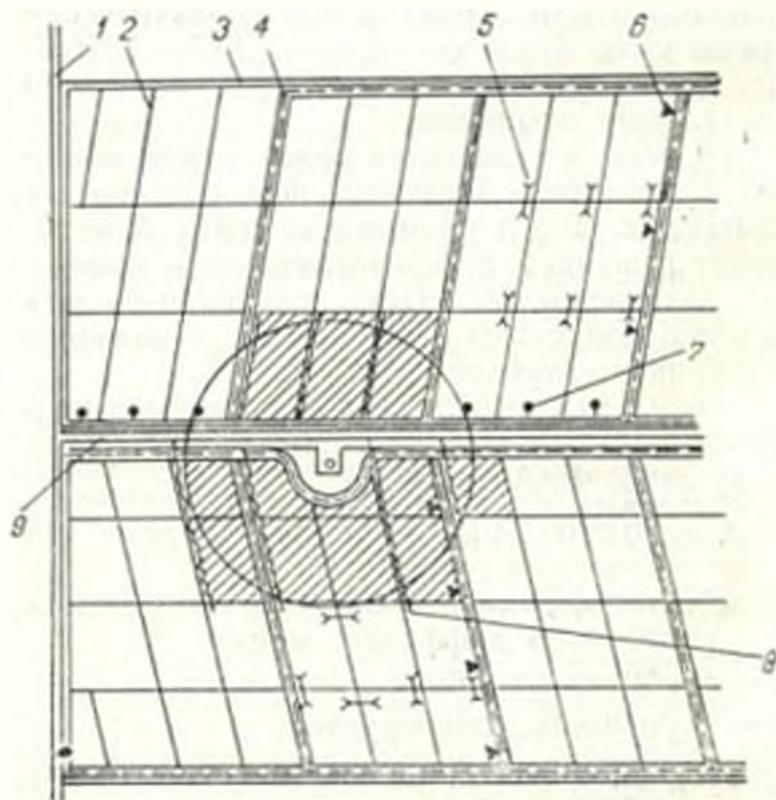
в зоне слабого влияния вертикального дренажа.

ВНИИГиМ разработал способ капитальной промывки по крупным чекам площадью от 0,1 до 2—3 га для средне- и хорошопроницаемых почв ($K_f \geq 0,5$ м/сутки) на землях с малыми уклонами ($< 0,003$) в зонах эффективного действия дренажа. Ограждающие валы устраивают высотой от 60 до 100 см (вариант IIIa). Применение крупных чеков целесообразно также на участках с глубоким временным дренажем (вариант III). Промывку производят по схеме разновременного затопления. Большие чеки следует проектировать вытянутыми в плане с ориентацией двух противоположных сторон по горизонталям. Максимальная глубина воды в крупном чеке не должна превышать 0,35 м.

Крупные чеки оборудуются постоянными подовыпусками, с помощью которых затопление производится автоматически. Это позволяет сокращать число промывальщиков и увеличивать их нагрузку, что, в свою очередь, уменьшает стоимость капитальной промывки по сравнению с промывкой на мелких чеках (рис. 80).

Рис. 80. Промывка земель крупными чеками без временного дренажа:

1 — внутричекный лотковый ороситель, 2 — земляные ограждающие валы, 3 — непромываемая волоса вдоль коллектора, 4 — аварийный сбросный канал, 5 — перепады на чеки в чек, 6 — аварийный перепуск (воздушник), 7 — трубка-выпуск из временного оросителя, 8 — шланги, 9 — временный ороситель. Затрещиваемая площадь интенсивного действия дренажа, которая затопляется во вторую очередь.



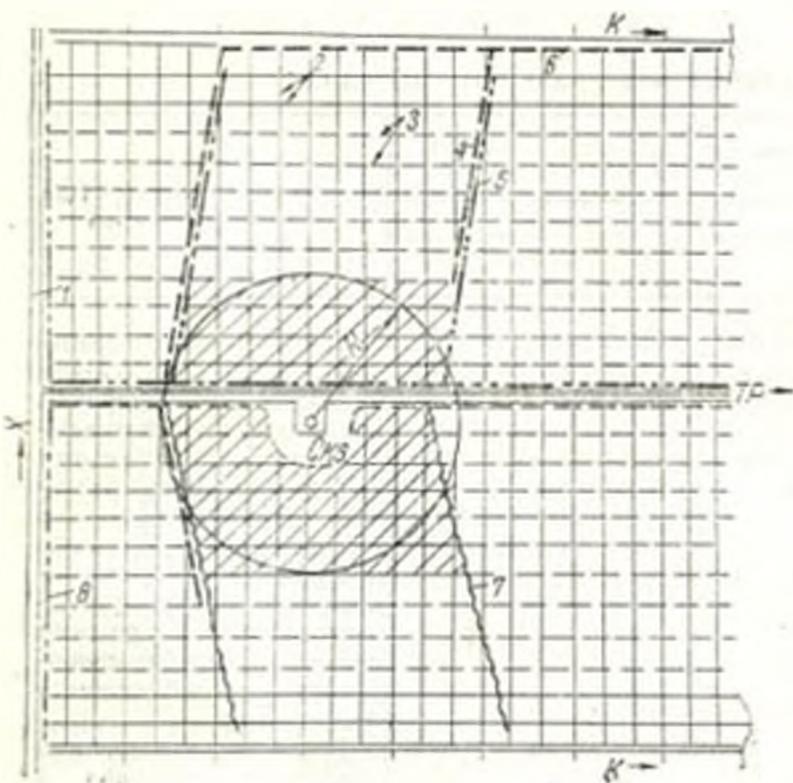


Рис 81. Промывка земель мелкими чеками с временным дренажем (пример трассировки промывной сети): на верхней половине участка временные оросители в виде земляных каналов, на нижней — из гибких шлангов.

1 — внутрихозяйственный лотковый ороситель; 2 — земельно-оградительные валики — палы; 3 — временные дрены; 4 — временные собиратели; 5 — временные оросители; 6 — временная собиратель второго порядка; 7 — гибкие шланги; 8 — радиус зоны интенсивного действия симметричного вертикального дренажа; К — коллектор; Тр — трубчатый распределитель.

Мелкие чеки (от 0,05 до 0,1 га) устраивают по основному уклону плоскости планировки в виде цепочек по 15—20 чеков в каждой. Боковыми границами служат земляные валики или бровки временных дрен высотой 30—35 см. Подачу воды в них осуществляют из постоянных или временных оросителей через стандартные водовыпуски с регулированием расхода воды.

Промывку сильнозасоленных земель сульфатного типа при частичной свободной емкости $P \leq 0,5N$ и скорости фильтрации промывных вод $V \leq 0,01$ м/сутки ведут по мелким чекам в летний период в сочетании с культурой риса, так как для рассоления таких земель требуется длительный период затопления и повышенная сезонная температура (рис. 81).

Почвогрунты опытно-производственных участков с посевами риса площадью от 120 до 420 га были сильнозасоленные, содержали от 2 до 4% токсичных солей при пониженной и низкой водопроницаемости почв с α , равным соответственно 0,5—0,3 и 0,3—0,1 м/сутки. На рассоление этих земель на глубину 1—1,5 м и более требовался длительный период затопления — от 3 до 6 и от 6 до 10 месяцев и промывные нормы 20—25 и 25—35 тыс. м³/га.

Промывка с помощью культуры риса проводилась на участках, расположенных в зонах недостаточного влияния дренажа. Для увеличения скорости фильтрации промывных вод до 0,03—0,05 м/сутки между цепочками чеков нарезали временный мелкий (0,7—0,8 м) горизонтальный дренаж с расстояниями между дренами от 35 до 45 м. Вода в цепочки чеков подавалась по временным оросителям в земляном русле. В год окончания опыта (1972 г.) с целью повышения производительности труда, улучшения качества промывки, а также уменьшения объемов земляных работ и расходов воды (благодаря возможности ее нормирования) в качестве временных оросителей применялись гибкие трубопроводы — капроновые шланги.

Для исключения сбросов оросительной воды в дренаж и сохранения проточности воды на полях дальние чеки не засеивали, их промывали водой, сбрасываемой с верхних чеков.

Исследования показали, что при промывках сильнозасоленных земель и солончаков с помощью культуры риса за один весенне-летний сезон благодаря постоянному затоплению участков водой достигнуто равномерное рассоление верхнего 1,5-метрового слоя почвы как по площади, так и по вертикальному профилю.

Фактическая промывная норма, или количество воды, профильтровавшейся в толщу почвогрунта и обеспечившей выщелачивание токсичных солей, составила 12—18 тыс. м³/га. Расходы воды на суммарное испарение, в зависимости от метеорологических условий сезона и урожая риса равные 11—15 тыс. м³/га, не теряются бесполезно, так как 55—60% приходится на создание урожая. Суммарный расход на промывку при культуре риса составляет 30—36 тыс. м³/га, т. е. близок к нормам, предусматриваемым в проектах на промывку таких земель.

Установлено, что высокий урожай риса до 77 ц/га на 45,9% площади относился к тем частям участка, на которых скорость фильтрации промывных вод составляла более 10 мм/сутки. Средний урожай 34,5 ц/га — на 26,3% площади со скоростью фильтрации 6—8 мм/сутки, низкий 11,4 ц/га — на 27,8% площади, где скорость фильтрации менее 5.

Промывка с помощью культуры риса на фоне вертикального дренажа не оказывала отрицательного влияния на прилегающие территории, так как повышение уровня грунтовых вод во время промывки составляло всего 30—40 см, причем через 10 дней после ее прекращения он снижался до исходного.

Технологические схемы капитальных промывок при наличии вертикального дренажа

Величина свободной емкости, доля от промывной нормы	Рекомендуемая технология промывки	Продолжительность промывки	Рекомендуемые технологии производства работ и конструкции временных сооружений		Рекомендации по подаче воды на участок промывки
			при уклоне поверхности < 0,003	при уклоне поверхности > 0,003	
II > N (полная свободная емкость)	В свободную емкость	Зависит от коэффициента фильтрации и свободной порозности	Большие чеки без временного дренажа с устройством ограждений надол по горизонталям с интервалом 0,25 м	Мелкие чеки без временного дренажа. Рекомендуется установить оросители из шлангов с подопысками, позволяющими регулировать расходы воды	Чалкные водосточники с регулированием расходов в широком диапазоне, обеспечивающим в начале промывки подачу больших расходов, превышающих в 1,5—2,0 раза суммарную поверхностную фильтрацию, ожидаемую при установленном режиме промывки (приблизительно равную коэффициенту фильтрации)
PI—0,5—1,0N (большая свободная емкость)	Использование свободной емкости в первый период промывки с дальнейшей сработкой фильтрационных вод вертикальным дренажем	Зависит от продолжительности заполнения свободной емкости в первый период и от скорости поверхностной фильтрации воды во второй период	То же	То же	То же, но с меньшими пределами расходов в первый и второй периоды
PI < 0,5 N (частичная свободная емкость)	Промывка с утилизацией воды дренажем (быстрое смывание поверхностных вод с грунтовыми вследствие малой величины азрированной толщи)	Зависит от скорости фильтрации поверхностных вод в дренаж. Учитывают начальный период—время заполнения частичной свободной емкости	При скорости поверхностной фильтрации более 0,010 м/сутки—большие чеки без временного дренажа; при скорости поверхностной фильтрации менее 0,010 м/сут—большие чеки с глубоким временным дренажем, междреньев промывка по схеме разновременного затопления; мелкие чеки с культурой риса*	При скорости поверхностной фильтрации более 0,010 м/сутки—мелкие чеки без временного дренажа; при скорости поверхностной фильтрации менее 0,010 м/сутки—мелкие чеки с временным дренажем; культурой риса	Водосточники с практически постоянным расходом воды, за исключением начального периода затопления, в который расход воды должен в 2—3 раза превышать расход, ожидаемый при установленном режиме фильтрации при наличии временного или вертикального дренажа

* Промывку при помощи культуры риса применяют на сильнозасоленных почвах и солончаках со слабой фильтрацией, когда продолжительность промывки велика и близка к периоду вегетации риса.

Исследования позволили выявить, что промывка сильнозасоленных земель при культуре риса технико-экономически целесообразна, так как наряду с обеспечением ее хорошего качества частично или полностью компенсируются расходы средств, затраченные на промывку, за счет урожая риса.

Технологическую схему промывок (табл. 66) определяют, исходя из количества воды, которое вмещает ограниченная свободная емкость, промывной нормы, скорости поверхностной фильтрации, засоления грунтов и уклона плоскости планировки, сельскохозяйственной культуры.

Научные исследования по борьбе с природным засолением и предупреждению вторичного засоления начаты одновременно с широким развитием ирригации в орошаемых районах. Они вызваны необходимостью разработки радикальных мероприятий, обеспечивающих надежное регулирование водно-солевого баланса орошаемых земель.

Процессы соленакпления в почвах, грунтах и грунтовых водах — характерная особенность аридной зоны; образование их обусловлено слабым увлажнением, отсутствием естественного промывного режима и выноса продуктов выветривания и почвообразования в автоморфных условиях, испарением минерализованных грунтовых вод в гидроморфных условиях.

Засоленные земли аридной зоны принято разделять на солончаки и солончаковатые почвы с избыточным содержанием солей в почвенном растворе или в твердой фазе. Состав солей в почвогрунтах определяется последовательностью извлечения и интенсивностью миграции отдельных ионов, которые обратно пропорциональны валентности и величинам ионных радиусов:



Наиболее широко распространены хлориды и сульфаты натрия, кальция и магния, токсичность солей прямо пропорциональна их растворимости.

По типу и степени засоления солончаковатые почвы разделяются на несколько категорий (табл. 67, Н. И. Базилевич, Е. И. Панков, 1968).

Различают следующие типы засоления: хлоридный $>0,4$, сульфатно-хлоридный $0,25—0,4$, хлоридно-сульфатный $0,12—0,25$, сульфатный $<0,12$.

Установлено допустимое содержание солей в почвах, не препятствующее нормальному

развитию сельскохозяйственных культур, % пса сухой почвы:

Тип засоления	Плотный остаток	Cl	SO ₄
Хлоридный	0,3	0,01—0,02	0,15
Сульфатно-хлоридный	0,4	0,01—0,02	0,15
Хлоридно-сульфатный и сульфатный	1,0	0,01—0,02	0,50

Орошение и сельскохозяйственное освоение засоленных земель связано с необходимостью удаления из почв избыточного количества токсичных солей. Они удаляются промывками путем подачи на поверхность почвы воды, растворения и вытеснения солей из корнеобитаемого слоя.

Многовековая практика орошения земель показала, что промывки засоленных земель не всегда эффективны и не гарантируют от вторичного засоления. Промывные воды, подаваемые, как правило, в больших количествах, иногда приводят к интанию грунтовых вод и при отсутствии достаточной естественной дренажированности к их подъему. Следовательно, для успешного освоения промытых земель необходим обеспеченный естественный отток в сторону окружающих неорошаемых земель или искусственный отток за счет устройства дренажа.

Интенсивное использование орошаемых земель и освоение крупных массивов потребовало разработки эффективных мероприятий по рассолению засоленных земель и предупреждению их вторичного засоления в процессе орошения. В связи с этим появилась необходимость выявления периода капитальных промывок и эксплуатационного периода.

В задачу первого периода входило удаление избытка токсичных солей из расчетного слоя почвогрунта, второго — поддержание и дальнейшее усиление мелиоративного эффекта, достигнутого в предыдущий период (В. А. Ковда, 1956).

Таблица 67

Классификация почв по степени засоления,
% веса сухой почвы

Степень засоления	Хлоридный и сульфатно-хлоридный тип засоления			Хлоридно-сульфатный и сульфатный тип засоления		
	влажный остаток	Cl	SO ₄	влажный остаток	Cl	SO ₄
Незасоленные	0,3	0,01	—	0,3	0,01	0,1
Слабозасоленные	0,3—0,5	0,01—0,05	—	0,3—1,0	0,01—0,05	0,1—0,4
Среднезасоленные	0,5—1,0	0,05—0,1	—	1,0—2,0	0,05—0,1	0,4—0,6
Сильнозасоленные	1,0—2,0	0,1—0,2	—	2,0—3,0	0,1—0,2	0,6—0,8
Солончаки	2,0	0,2	—	3,0	0,2	0,8

В Средней Азии накоплен значительный научный и практический опыт обоснования промывок засоленных земель. Промывки вначале рассматривались как процесс растворения солей и последующее удаление солевых растворов из расчетного слоя почвогрунта.

В этих целях применялись различные способы для промывки засоленных почв — от самого примитивного полива затоплением больших площадей до устройства делянок, конфигурация (размеры) которых определялись в зависимости от степени засоления почвогрунтов и получаемого эффекта.

Делянки ограждались земляными валиками соответственно уровню воды, запускаемому в делянки.

Опытным путем выискивались оптимальные варианты промывных норм и число поливов (кратность), порядок перепуска воды из верхних в нижние делянки и сбросы отработанной воды в коллекторы-сбросы.

Собственно дренаж инженерного типа получил развитие в недавнее время, он заменил и усовершенствовал существовавшие ранее открытые каналы — сбросы.

Основные предпосылки, являющиеся общими для всех предложенных способов расчетов зависимостей, заключались в следующем:

насыщение расчетного слоя почвогрунтов до полной влагоемкости переводит весь запас солей в раствор,

растворенные соли удаляются путем поршневого вытеснения раствора пресной водой,

дренажа нет, интенсивность подземного оттока и характер распределения солей в толще почвогрунта не учитываются.

Л. П. Розов (1930) впервые предложил определить промывную норму по формуле

$$N_p = (П - m) + nП, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

где $П$ — предельная влажность;

m — исходная влажность;

$nП$ — дополнительное количество воды, необходимое для удаления растворенных солей.

Коэффициент n в общем случае зависит от количества и состава солей, солеотдачи почвогрунтов, исходного уровня залегания грунтовых вод и условий подземного оттока.

Позже подход к решению задач не менялся, вводились лишь новые эмпирические коэффициенты. Общее выражение для определения промывной нормы предложено А. Н. Костяковым (1961):

$$N_p = 100 h \gamma \left[(\beta_0 - \beta) + \frac{S_1 - S_2}{K} \right], \quad (2)$$

где h — мощность опресняемого слоя, м,

γ — объемный вес, т/м³,

β_0, β — предельное и исходное содержание влаги в расчетном слое, % веса почвогрунта,

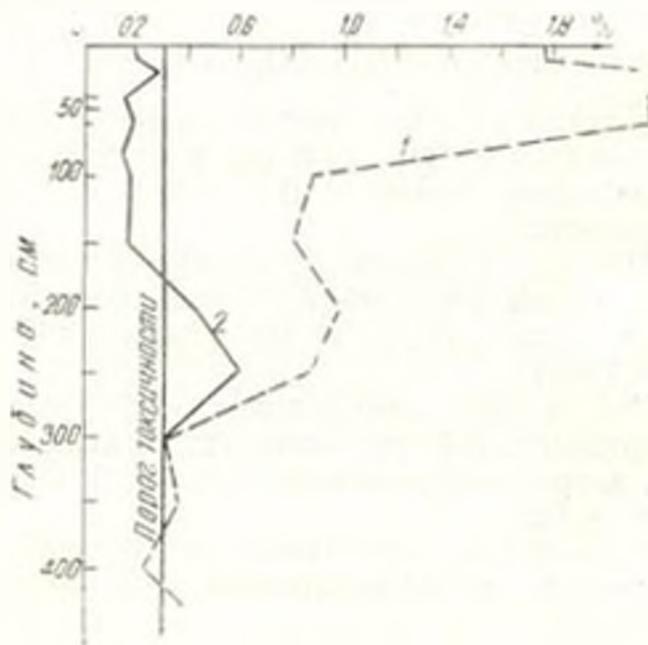
S_1, S_2 — исходное и допустимое содержание солей в расчетном слое, %,

K — коэффициент вытеснения или вымыва солей, т м⁻³.

Промывная норма складывается из недостатка насыщения почвогрунта зоны аэрации (расчетного слоя) до предельной влагоемкости и транспортирующей части. Определение

Рис. 82. Средняя засоленность $MgSO_4 + Na_2SO_4 + NaCl$ почвогрунтов на опытно-производственном участке до и после промывки с культурой риса (1971 г.), %:

1 — исходное засоление, 2 — конечное.



недостатка насыщения затруднений не вызывает. Расчет транспортирующей части связан с определением коэффициента вымыва солей (солеотдача) и представляет значительные трудности. Значение коэффициента вымыва солей зависит не только от свойств почвогрунта, типа и степени засоления, но и от уровня грунтовых вод и условий естественного подземного оттока, что затрудняет экстраполяцию опытных данных, полученных в конкретных условиях, на другие массивы (рис. 82).

Промывка засоленных земель в бездренажных условиях возможна только при условии достаточной естественной дренированности и обеспечении отвода промывных вод (С. Ф. Аверьянов, 1959) при условии

$$\bar{q} = \frac{2h_0 K T \varepsilon}{l \cdot \varepsilon_0} \geq 0,01$$

и низком КЗН (0,1 — 0,2),

где h_0 — исходный уровень грунтовых вод, м,

K — проводимость пласта, м²/сут,

ε — коэффициент ($\varepsilon < 0,1$),

l — ширина промываемого участка, м,

ε_0 — испаряемость, м/сут.

Более детально, на основе обработки многочисленных экспериментальных данных процесс движения солей в почвогрунтах при промывках вод описали В. Р. Волобуевым. Он установил характер выщелачивания солей по номерам и получил ряд зависимостей для определения величин промывных норм. Промывную норму для слоя l м рекомендуется определять по формуле:

$$N_n = 10000 \lambda \lg \frac{S_1}{S_2}, \text{ м}^3/\text{га}, \quad (3)$$

где λ — показатель солеотдачи (в условиях обеспеченного оттока промывных вод),

S_1, S_2 — исходное и допустимое содержание солей в метровой толще почвогрунта, %.

Широкое применение систематического дренажа на орошаемых землях и практика освоения крупных массивов показали, что интенсивность промывки засоленных земель существенно зависит от скорости отвода промывных вод, т. е. от параметров дренажа. Это обстоятельство учтено В. Р. Волобуевым (1975) при выведении зависимости для определения величины промывных норм для слоя более 1 м с учетом влияния дренажа на процессы опреснения

$$N_n = 10000 \left(\lambda \lg \frac{S_1}{S_2} + \frac{\mu}{\lambda} h \right), \text{ м}^3/\text{га} \quad (4)$$

де h — расчетная глубина опреснения почвогрунта, м;

μ — коэффициент, учитывающий скорость отвода промывных вод дренажем.

По данным В. Р. Волобуева, для условий Голодной степи при грунтах с коэффициентами фильтрации 2 м/сут и наличии дренажа с междренными расстояниями 200—300 м $\mu = 2,60—3,70$.

Обобщение многочисленных экспериментальных данных и теоретические проработки показали, что промывки нельзя рассматривать как простое вытеснение растворенных солей. Движение влаги и солей в почвогрунтах представляет собой сложный физико-химический процесс (С. Ф. Аверьянов, 1965; Н. Н. Веригин, 1953). При однократной смене почвенного раствора вытеснение солей всегда меньше 100%; в песках выщелачивается до 90%, в пылеватых суглинках — до 80% и в агрегированных суглинках — до 60%. Объясняется это тем, что наряду с вытеснением свободного солевого раствора в сквозных порах почвогрунтов происходят процессы обмена между сквозными и тупиковыми порами, диффузии, растворения солей твердой фазы и ионообменной сорбции. В зависимости от строения и свойств почвогрунтов, скорости фильтрации и состава солей будет преобладать тот или иной процесс переноса.

Для сероземных почв при хлоридном и сульфатно-хлоридном типах засоления основные факторы, определяющие эффективность промывки, — перенос солей с фильтрующейся водой, конвективная диффузия и массообмен. Следовательно, для обоснования рассоляющего действия промывок необходимо использовать методы физико-химической гидродинамики, позволяющие описать закономерности совместного движения влаги и солей в почвогрунтах, т. е. связать водный и солевой режимы.

Наиболее простой случай процесса переноса солей — одномерное движение влаги и солей вдоль оси x при постоянной скорости фильтрации V — описывается уравнением конвективной диффузии (С. Ф. Аверьянов, 1965):

$$m \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - V \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (5)$$

где m — активная пористость почвогрунтов, доли объема;

c — концентрация почвенного раствора, г/л;

t — время, сутки;

x — координата, м;

D — коэффициент конвективной диффузии, м²/сут,

V — скорость фильтрации, м/сут.

Уравнение (5) решалось многими авторами для различных начальных и граничных условий. Когда $V = \text{const}$, $c(0, x) = C_0$, выражение для определения промывной нормы имеет следующий вид (С. Ф. Аверьянов, 1965):

$$N_s = 10000 (2A \sqrt{L \cdot t + h}) m, \quad (6)$$

где h — расчетная глубина опреснения, м;

A — коэффициент, величина которого определяется в зависимости от требуемой степени опреснения почвогрунта.

Заметим, что выражение (6) получено для случая равномерного распределения солей по профилю, поэтому при расчете промывок запасы солей необходимо осреднять в пределах расчетного слоя почвогрунта.

Формула (6), несмотря на ряд допущений, учитывает основные факторы, влияющие на процесс вымыва солей из почвогрунтов при промывках. К таким факторам относятся не только водно-физические свойства почвогрунтов, содержание и состав солей, особенности переноса солей в почвогрунтах, но и организационно-хозяйственные — время и продолжительность промывок, мощность опресняемого слоя и, самое главное, скорость фильтрации, позволяющая учесть влияние дренажа на эффективность промывок.

Анализ процесса переноса солей в почвогрунтах и результаты экспериментальных исследований показали, что коэффициент конвективной диффузии — функция скорости фильтрации и особенностей строения и структуры почвогрунтов, он определяется выражением

$$D = D_m + \lambda V^n, \quad (7)$$

где D_m — коэффициент молекулярной диффузии, $\text{м}^2/\text{сут}$;

λ и n — коэффициенты, характеризующие особенности строения и структуры почвогрунта.

Значения λ и n для сероземов, по данным экспериментальных исследований, составляют 0,25—1,0 м и 1,01—1,2, соответственно V — скорость фильтрации, $\text{м}/\text{сут}$.

Использование зависимости (7) позволяет не только расширить область применения уравнения (5) и (6), но и решить ряд важных задач, связанных с технологией проведения промывок засоленных земель.

Результаты расчетов и экспериментальные данные указывают на существование оптимального диапазона скоростей фильтрации, при которых опреснение почвогрунтов проис-

ходит наиболее интенсивным путем. Увеличение и уменьшение скоростей фильтрации приводит к снижению эффективности промывки. Это связано с тем, что при малых скоростях фильтрации процесс переноса солей лимитируется конвекцией и конвективной диффузией в сквозных порах, при больших скоростях — со-леобменом между сквозными порами и агрегатами.

Таким образом, одной из мер по повышению эффективности промывок засоленных земель должно быть обеспечение оптимальных скоростей фильтрации. Другой не менее важной мерой служат перерывы в подаче промывной воды, способствующие выравниванию концентрации солей в сквозных порах и агрегатах. Продолжительность перерывов зависит от механического и агрегатного состава почвогрунтов и составляет 2—10 сут.

Таким образом, расчет капитальных промывок засоленных земель сводится к определению не только промывной нормы, необходимой для опреснения расчетного слоя почвогрунта, но и продолжительности промывок и параметров временного дренажа, обеспечивающего создание оптимальных скоростей фильтрации и отвод промывных вод.

Наиболее надежный и проверенный — мелкий (0,8—1,2 м) временный дренаж. Эффективность работы временного дренажа оценивается количеством отведенных промывных вод и главным образом солей. Активная зона действия мелкого временного дренажа составляет (2—3) Н, т. е. 2—3 м, следовательно, в отличие от глубокого постоянного дренажа удаляет соли только из расчетного слоя почвогрунта.

Временный дренаж необходимо предусматривать в случаях, когда уровень грунтовых вод до промывки расположен на глубине менее 5 м, когда имеет место поверхностное или равномерное по профилю засоление и когда скорость отвода промывных вод, создаваемая дренажем, меньше необходимой скорости отвода промывных вод, т. е.

$$V_n < V_m = \frac{N_m}{t}, \quad \text{м}/\text{с}, \quad (8)$$

где V_n — скорость, создаваемая постоянным дренажем, $\text{м}/\text{сут}$.

Если грунтовые воды до промывки расположены глубже 5 м и большая часть промывной нормы может быть размещена в свободной емкости зоны аэрации, временный дренаж не нужен. Временный дренаж нецелесообразно применять и при промывках глубоко солончаковых почвогрунтов, когда верхняя

1—2 м толща опреснена, так как в этом случае он будет отводить пресные промывные воды.

Временный дренаж рассчитывается на нагрузку

$$V_n = V_n - V_n = \frac{K_n}{t} - V_n, \text{ м с,} \quad (9)$$

с учетом способа проведения промывок.

Если промывки проводятся тактами, перерыв между которыми достаточен для впитывания воды, то расстояние между временными дренами можно определить подбором по формулам А. Н. Костякова

$$B = \frac{z \cdot K \cdot H}{V_n \left(\ln \frac{B}{z} - 1 \right)}, \text{ м,} \quad (10)$$

и С. Ф. Аверьянова — Цуй-син-е

$$B = \frac{z \cdot K \cdot H}{V_n \ln \frac{2H}{z + 2dH}}. \quad (11)$$

Если промывки проводятся при постоянном затоплении (под рисом), то расстояние между временными дренами можно рассчитывать по формуле В. В. Ведерникова

$$B \approx (H + H_0) \sqrt{\frac{K}{V_n}}, \text{ м,} \quad (12)$$

где H — глубина временных дрен, м,

H_0 — слой воды на поверхности почвы, м,

K — коэффициент фильтрации почвогрунтов, м/сут.,

V — расстояние между дренами, м,

d — диаметр дрен, равный $d = 0,5 b + H_0$,

b — ширина временных дрен по дну, м,

H_0 — глубина воды в дренах, м.

При решении вопроса опреснения почвогрунтов до безопасных пределов и ликвидации угрозы реставрации засоления необходимая глубина рассоления для условий Средней Азии может быть принята 1—2 м (рис. 83).

Сроки проведения промывок назначаются с учетом организационно-хозяйственных условий, наличия промывных вод, экономии их расходования и др.

Существенное значение имеет техника проведения промывок. Промывки ведутся по мелким чекам без сброса, с перепуском воды из чека в чек и частичным сбросом, по крупным чекам, а также по глубоким бороздам.

Промывки по мелким чекам без сброса применяются на слабопроницаемых почво-

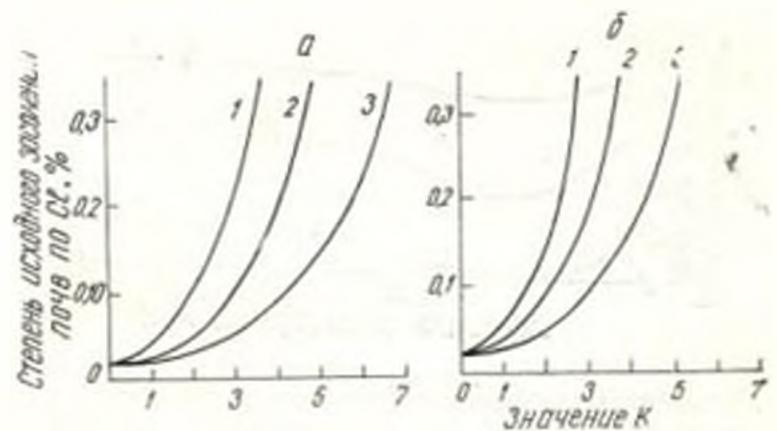


Рис. 83. Степень исходного засоления почв по хлору, %:

Механический состав почвы а — средний, б — тяжелый; исходный уровень грунтовых вод: 1—1,5 м, 2—2,5 м, 3—3,5 м.

грунтах, с помощью временного дренажа. Размеры чеков определяются уклонами местности и расстояниями между временными дренами и оросителями, которые обычно составляют 20×20 — 50×50 . Этот способ самый трудоемкий и дорогой, но он обеспечивает быстрое и равномерное опреснение почвогрунтов по ширине междуренья.

Промывки по мелким чекам с перепуском воды из чека в чек и с частичным сбросом проводятся одновременно с посевами риса. Такой способ менее трудоемок, но не обеспечивает достаточной глубины и равномерности опреснения почвогрунтов по ширине междуренья и, самое важное, по длине, т. е. в направлении уклона. Кроме того, данный способ отличается значительными затратами воды не только для опреснения почвогрунтов, но и для полива риса.

Промывки по крупным чекам (1—3 га) применяются при малых уклонах местности и хорошей водопроницаемости почвогрунтов, когда нет необходимости во временном дренаже. Этот способ отличается высокой производительностью и простотой распределения промывной воды, но не обеспечивает равномерного опреснения по ширине междуренья.

Промывки по глубоким бороздам со сбросом применяются при наличии пухлого солончакового слоя.

Теоретические проработки и обобщение опыта борьбы с засолением показывают, что наилучшими являются промывки по мелким чекам без сброса. Наиболее эффективна направленная (полосовая) промывка от центра междуренья к дренам.

Основное назначение дренажа орошаемых земель — создание условий для устойчивого опреснения засоленных земель путем проведения капитальных промывок и обеспечение поддержания водного, главным образом солевого, режима почвогрунтов, полностью исклю-

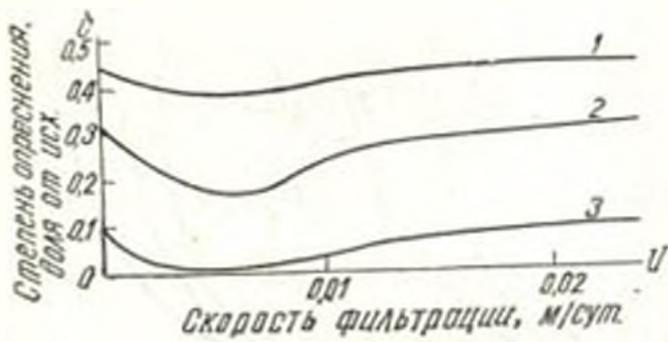


Рис. 84. Зависимость опреснения почвогрунта от скорости фильтрации при промывках нормой 4,5 тыс. м³/га (1), 6,0 (2), 12 (3).

чающих реставрацию засоления земель в период эксплуатации.

Теория и практика борьбы с засолением орошаемых земель показывают, что задача обоснования рассоляющего действия дренажа и определения его параметров сводится к выбору оптимального варианта взаимно связанных факторов режима грунтовых вод, техники полива и режима орошения сельскохозяйственных культур, параметров дренажа. Их взаимосвязь вытекает из уравнения водного баланса и водного, солевого режимов орошаемых земель.

Постоянный дренаж — капитальное сооружение, рассчитанное на длительный срок службы, поэтому параметры его устанавливаются исходя из нагрузки эксплуатационного периода с учетом внутригодового колебания уровня грунтовых вод.

Теоретические проработки с достаточной для практики точностью позволяют учесть природно-хозяйственные условия. Вместе с тем необходимо отметить, что гидромеханические методы расчета постоянного дренажа можно использовать только при достаточном обосновании исходных фильтрационных (расчетных) схем строения водоносного комплекса и установлении очень важных для оценки рассоляющего действия дренажа факторов — водообмена между почвенными и грунтовыми водами (промывной режим орошения), грунтовыми и подземными водами (напорное питание).

В связи с этим технический проект постоянного дренажа орошаемых земель составляется после того, как на основании прогноза водного и солевого режимов и технико-экономических расчетов в предварительных проработках будут решены вопросы техники орошения и агротехники (КПД оросительной системы, техника полива, режим орошения сельскохозяйственных культур, режим грунтовых вод).

Определение количества инфильтрационных и подземных вод, подлежащих отводу дренажем с мелниорируемой площади, производится на основании составления прогноза водного режима (напорное питание, подземный приток и отток) и прогноза солевого режима (инфильтрационное питание).

Модуль дренажного стока рассчитывается по уравнению баланса грунтовых вод для условий установившегося режима, когда изменение запасов влаги в расчетном слое равно нулю

$$D_d = \Phi_x + \Pi - O_p \pm P \pm \Delta \quad (13)$$

где O_p — оросительная норма нетто, подаваемая на балансовую площадь, м³/га;

Φ_x — фильтрационные потери из каналов оросительной сети, м³/га,

$$\Phi_x = \frac{1-\eta}{\gamma} O_p \quad (14)$$

η — КПД системы оросительных каналов;
 Π, O — подземный приток и отток для проектных условий, м³/га,

$\pm P$ — приток из глубоких напорных горизонтов (напорное питание), м³/га,

$\pm \Delta$ — влагообмен между почвенными и грунтовыми водами (промывной режим орошения), м³/га,

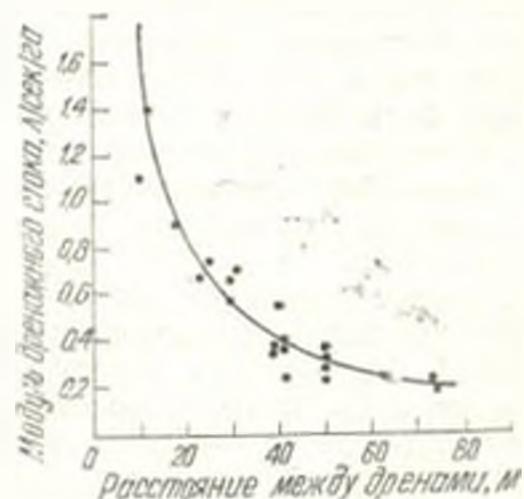
$$\Delta = O_p + O_c - (H + T_p),$$

где O_c — атмосферные осадки, м³/га,

$H + T_p$ — суммарное испарение, м³/га.

Обоснование величины и сроков подачи промывной части оросительной нормы необходимо производить в каждом случае с учетом

Рис. 85. Сопоставление расчетных и натуральных данных по стоку временного дренажа (расчетная кривая и экспериментальные точки).



природно-хозяйственных условий, состава сельскохозяйственных культур, техники полива и режима орошения, минерализации оросительных вод, водно-физических свойств почвогрунтов и параметров переноса солей. Необходимо рассматривать каждый севооборот в течение полной ротации с учетом очередности посевов сельскохозяйственных культур.

Обобщение многочисленных данных по аридной зоне показало, что самые большие затраты оросительной воды и наиболее интенсивный промывной режим орошения характерен для неглубокого залегания уровня грунтовых вод:

$$h = h H_c = 0,4 - 0,8 \text{ м,}$$

где h — глубина грунтовых вод,

H_c — высота капиллярного поднятия (рис. 84).

При $h \geq 1,2 - 1,5$ ($h = 2,5 - 3,0$ м) затраты оросительной воды минимальны, а отношение $\frac{Q_2 + Q_3}{I - T_p}$ остается постоянным и составляет 1,1 — 1,22.

Следовательно, применение мелкого (1,0—1,5 м) дренажа на орошаемых землях связано с необходимостью значительных промывок, интенсивность которых достигает 40—100% величины суммарного испарения. Очевидно, что создание такого промывного режима возможно только при условии значительного увеличения оросительных норм в вегетационный период, затрат труда на проведение поливов и разности оросительной сети.

Глубокий дренаж (3—4 м) при глубине грунтовых вод $h \geq H_c$ не исключает необходимости применения промывного режима, интенсивность которого составляет 10—20% величины суммарного испарения. Дополнительное количество оросительной воды подается в не вегетационный период в виде влагозарядковых или профилактических поливов.

Интенсивность промывного режима зависит от минерализации оросительной воды; ее увеличение требует промывного режима с большими оросительными нормами и интенсивностью дренажа.

Для предварительных расчетов интенсивность промывного режима может быть принята на слабозасоленных землях до промывки при отсутствии напорного питания $g \sim 0,1$ ($I + T_p$), на сильнозасоленных до промывки

и промытых солончаках при отсутствии напорного питания $g \sim (0,1 - 1,15)$ ($I + T_p$), при напорном питании минерализованными подземными водами $g \sim (0,1 - 0,2)$ ($I + T_p$).

Применение промывного режима орошения при относительно глубоком залегании уровня грунтовых вод (3 м) обуславливается необходимостью удаления легкорастворимых солей, поступающих в почву с оросительными водами и наносами, а также образующегося в результате частичной минерализации органического вещества.

Обобщение многочисленных данных по влиянию орошения на плодородие сероземных почв и зависимости урожая хлопчатника от уровня грунтовых вод подтверждают это. Наиболее высокие урожаи хлопка-сырца, максимальное содержание гумуса и величина емкости поглощения орошаемых сероземов отмечаются при уровне грунтовых вод 2—3 м и промывном режиме интенсивностью 10—30% величины суммарного испарения (рис. 85).

Основным типом горизонтального дренажа на большей части орошаемых земель аридной и степной зон следует считать глубокий (2,5—4,0 м) закрытый дренаж. Преимущество его заключается в том, что он создает условия для повышения плодородия почв и регулирования требуемого водно-солевого режима орошаемых земель при наиболее рациональном и экономном расходовании оросительных вод, способствует предупреждению реставрации засоления корнеобитаемого слоя почвы в особо засушливые годы. Следует, однако, отметить, что при освоении массивов, сложенных тяжелыми почвогрунтами с $K_d < 0,1$ м/сут, водоупорах на небольшой глубине и т. д. с экономической точки зрения может быть оправдано применение мелкого дренажа*.

Выбор оптимальной глубины заложения горизонтального дренажа зависит от комплекса природно-хозяйственных условий и должен проводиться на основании технико-экономических расчетов, учитывающих, с одной стороны, капитальные вложения и эксплуатационные затраты по коллекторно-дренажной сети, с другой — затраты на проведение поливов и стоимость оросительной воды как народно-хозяйственного ресурса.

* Нами доказано на опыте освоения тяжелых слабопроницаемых грунтов Джизакской степи, где для таких условий дренаж надо дополнить рыхлением на 1 м. (Примечание редактора.)

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Особенности природных условий Средней Азии определили огромную роль орошения в жизни народов, населявших этот регион.

До сих пор нас удивляют старинные каналы и сооружения, сохранившиеся на территории Узбекистана. Многокилометровые оросительные каналы Хорезма и Зеравшанской долины, построенные без современных геодезических инструментов в начале тысячелетия и имеющие по всей длине единый оптимальный уклон, остатки высокогорной плотины Хан Баиди, относящейся к XI в., в отрогах Нура-тинского хребта, канал Иски-Тюятартар, построенный в XIV в., один из первых примеров междубассейновой переброски стока из многоводного в то время Зеравшана в маловодное русло Санзара,— эти и другие примеры народного умения свидетельствуют о высоком уровне орошения на территории Узбекистана в феодальный период его развития.

Для этого этапа характерно орошение лучших, наиболее плодородных, естественно дренированных земель на территории таких древнейших оазисов, как Ферганский, Самаркандский, Ташкентский и др. Там, где возникала необходимость орошения слабодренируемых земель (Хорезмский, Бухарский, Мургабский оазисы), вырабатывались своеобразные приемы — орошение из заглубленных каналов, а также переложное земледелие, основанное на принципах «сухого» дренажа.

Хотя в интересы царского правительства не входило развитие экономики колоний, однако старания создать базу для текстильной промышленности за счет собственного производства хлопка-сырца приводили к выводу о необходимости увеличения орошаемых земель. Вместе с тем хищническая сущность капитализма не позволяла производить крупные капиталовложения в орошаемые земли, так как это не сулило быстрой отдачи. Этой двойственностью и объясняются особенности разви-

тия орошения в Узбекистане в тот период.

Нужно указать на научные и творческие достижения русских ученых, благодаря подвижнической деятельности которых были созданы опытные поля и станции (Голодностепское опытное поле вблизи ст. Голодная степь, опытное поле на Государевом имении вблизи Байрам-Али), предложены глубоко обоснованные проекты орошения земель, например, Ф. А. Моргуниенковым, Г. К. Ризенкампом, во многом повлиявшие на проекты наших дней, и исключительно низкие организационные и технические усилия по осуществлению этих проектов.

Построена Гиндукушская плотина на Мургабе, Байрамалийская ирригационная система, ряд сооружений на Шаарихансае, Исфайрамсае в Ферганской долине, а также оросительная сеть в северо-восточной части Голодной степи на площади 52 тыс. га, из которых фактически орошалось только 23 тыс. га, и ряд других.

Орошение и освоение земель указанного массива Голодной степи — пример организации водохозяйственных работ того периода. Строительство основных каналов и сооружений велось на подрядных началах. Освоение земель, включая строительство внутриучастковой сети, планировку и посевы сельхозкультур, строительство жилья для поселков,— все производилось силами и средствами самих поселенцев. Пытаясь создать сырьевую базу текстильной промышленности, царское правительство заселяло вновь орошаемые земли русскими переселенцами, зажиточными крестьянами из Оренбургской губернии, Центральной России. Классовая сущность такого освоения подчеркивается тем, что для русских переселенцев был установлен имущественный ценз в 1000 руб. Местное население привлекалось лишь в качестве издольщиков-чайрикеров. В результате «интенсивного» освоения к Великой Октябрьской социалистической рево-

люции царское правительство получало от Голодной степи всего 5,6 тыс. т хлопка, на массиве развивалось бродячее землепользование, а также засоление земель.

После Великой Октябрьской социалистической революции началась новая эпоха в истории орошения Туркестана. Через 6 месяцев, 17 мая 1918 г. Владимир Ильич Ленин подписал знаменитый декрет «Об ассигновании 50 миллионов рублей на оросительные работы в Туркестане». Для организации указанных работ предусматривалось создание специального Управления ирригационных работ в Туркестане — ИРТУР. В Туркестан были направлены специалисты-иригаторы, инженеры-гидротехники, почвоведы, агрономы и др.

Начавшаяся гражданская война отодвинула начало этих работ. Необходимо было не только развивать орошение новых земель, но и восстанавливать разрушенное в период интервенции и гражданской войны водное хозяйство. Советская власть развернула работы по восстановлению ирригационной сети, проведению единой системы учета и вододелиния между водопользователями.

В 1920 г. правительство Туркестана создало Туркестанское управление водного хозяйства; ему подчинялись окружные, областные и специальные управления. После размежевания среднеазиатских республик в 1923 г. Туркводхоз был преобразован в Средазводхоз, а в Узбекистане в составе Наркомзема УзССР было создано Центральное ирригационное управление водного хозяйства. В составе Средазводхоза был создан трест «Средазводстрой» для сооружения наиболее крупных объектов водохозяйственного строительства, и проектный трест «Средазводпроез» (ныне «Средазгипроводхлопок»). Для водохозяйственного строительства в Узбекистане аналогичные организации были созданы при Узводхозе — Узводстрой и Узводпроез (ныне Узгипроводхоз).

До начала первой пятилетки были построены плотины на Чартаксае, Акдарьинский вододельитель на Зеравшане, Ирджарский распределитель и коллектор Шурузяк в Голодной степи; переустроен ряд систем по каналу Джун, в Ферганской долине, Шахруд — в Бухаре. Начато строительство первой крупной плотины в Узбекистане — им. Первого мая в Зеравшане.

Советские и партийные органы проводили большую работу по восстановлению ирригационных систем, привлечению широких дехканских масс к подъему орошения в республике. Этому в значительной степени способствовало создание меллиоративных

товариществ, силами которых ремонтировались мелкие гидросооружения, хозяйственная оросительная сеть, осваивались внутрисистемные перелогги. Мелиоративные товарищества пользовались кредитом от государства. Они способствовали более правильному вододелинию на системах.

С 1924 по 1929 г. на территории республики создаются первые совхозы, пионеры социалистического сельского хозяйства, — «Малек», «Баяут», «Дальварзин», «Савай», «Пятилетка Узбекистана» и другие, которые должны были явиться примером развития орошаемого земледелия в нашей стране на основе передовой техники и механизации работ. Рост сети колхозов наряду с совхозным строительством позволил к концу первой пятилетки довести сбор хлопка до 804 тыс. т, а орошаемую площадь до 1516 тыс. га.

Если водохозяйственное строительство в первой пятилетке на таких крупных ирригационных объектах, как комплексе Новый Джун, насосные станции в Баяутском массиве, Папайрыкская система, Учкурганская степь, и других только начиналось, то во второй пятилетке оно охватило уже значительные массивы: началось строительство ряда каналов в Ферганской долине по подпункту маловодных низовых частей системы из р. Карадарьи, каналов Ангар, Янгиарык, Нарпай в Самаркандской области, Кумкурганской системы и переустройство системы Шахруд в Бухаре, Дальварзинской системы в Ташкентской области, канала Клычбай в Хорезме, Пахтаария, Кызкеткен в Каракалпакии. Этот период ознаменовался увеличением валового сбора хлопка-сырца до 1562 тыс. т в год, а также началом работ по строительству крупных водосборов в Ташкентской и Бухарской областях, а также в Голодной степи.

В 1939 г. в Узбекистане возник новый метод водохозяйственного строительства — народные стройки. Колхозники Маргиланского района Ферганской области предложили своими силами построить канал Ляган длиной 32 км. Проект этого канала и изыскания были осуществлены за 20 дней, 17 дней понадобилось труженикам 5 районов Ферганской области, чтобы прорыть этот канал, соединив маловодный Исфайрамсай с Шахмардансаем. Это ознаменовало начало массовых водохозяйственных строек, осуществляемых усилиями многих тысяч людей. Инициатива ферганских тружеников была поддержана Компартией Узбекистана и его правительством, возглавляемыми крупнейшими деятелями — Усманом Юсуповым, Юлдашем Ахунба-

баевым и Абдуджабаром Абдурахмановым. Методом народной стройки сооружены Большой Зеравшанский канал в Самаркандской области, Майяб в Каракалпакии и ряд других объектов. Апогеем народного строительства было сооружение Большого Ферганского канала длиной 344 км с 46 крупными и 275 мелкими гидросооружениями, которое было завершено за 4 месяца. Благодаря скоростному строительству ирригационных объектов площадь орошаемых земель за 1938—1939 гг. увеличилась на 160 тыс. га, в том числе в Голодной степи на 36 тыс. га.

Движение за «большую воду» в Узбекистане продолжалось в 1940—1941 гг. Были построены Ташкентский канал, Южный и Северный Ферганские каналы, канал Ташсака в Хорезме, имени Ленина в Каракалпакии, первая очередь Каттакурганского водохранилища. Строительство методом народных строек продолжалось и во время войны. Газета «Правда», отмечая значение народных строек, писала 30 декабря 1940 года: «Значение Ферганского починна в том именно и заключается, что он является выражением титанических сил народа, созревших для новых больших дел, для новых форм свободного показательного социалистического труда».

Эпоха народных строек в ирригации способствовала резкому увеличению производства сельскохозяйственной продукции в Узбекистане, в первую очередь хлопка-сырца.

Великая Отечественная война потребовала величайшего напряжения от всего советского народа. Несмотря на огромные трудности военного периода, работы по строительству водохозяйственных объектов и освоению земель продолжались, хотя и несколько замедленными темпами. К весне 1942 г. было сдано по временную эксплуатацию Каттакурганское водохранилище, продолжалась ирригационная подготовка земель в Голодной степи. В 1943 г. было начато строительство Фархадского гидроузла на Сырдарье, что дало возможность оросить самотеком большую часть Голодной степи. Для укрепления базы продовольственного снабжения г. Ташкента, превратившегося вследствие эвакуации промышленных предприятий с оккупированных территорий в крупнейший промышленный центр на востоке, методом народных строек было развернуто строительство Северного Ташкентского канала и оросительной сети, что позволило в короткий срок на площади более 15 тыс. га развить овощеводство и картофелеводство.

После окончания войны вновь развернулось ирригационное строительство: в Голод-

ной степи был построен Баяутский канал, значительная часть земель Баяутского массива была переключена на самотечное орошение вместо машинного, построен Сохский магистральный канал, Сарыкурганский гидроузел. Началось строительство нижних водохранилищ Зеравшанской долины — Куюмазарского и Тудакульского, широким фронтом велись работы по переводу ирригационной сети на новую систему орошения. Этот период ознаменовался началом освоения Центральной Ферганы. Большие мелиоративные работы велись в Хорезме (Дарьялыкский коллектор), Кашкадарье (канал Иски-Ангар) и др.

Таким образом, к 1956 г. в Узбекистане был осуществлен огромный объем водохозяйственного строительства, позволивший оснастить основные ирригационные системы инженерными водозаборами и средствами управления водой, довести орошаемую площадь в республике до 2,8 млн. га, укрупнить участки и ввести новую систему орошения на огромной площади староорошаемых земель, резко повысить при этом водообеспеченность. В результате производство хлопка-сырца возросло в республике до 2 500 тыс. т. К 1956 г. были созданы мощные водохозяйственные организации, овладевшие передовым опытом и располагающие прекрасными кадрами инженеров, рабочих и других специалистов новых земель.

В то же время в республике, как и во всей стране, в освоении и орошении новых земель наметилась тенденция, которая состояла в том, что водохозяйственные организации выполняли работы по строительству магистральных, межхозяйственных и хозяйственных каналов, крупных водоприемников и коллекторной сети, частично вели переустройство старой сети; однако вопросы сельскохозяйственного освоения земель оставались вне их поля зрения. Этим занимались органы Министерства сельского хозяйства, в первую очередь сами хозяйства.

Между тем для успешного освоения новых орошаемых земель, кроме ирригационной подготовки, необходимо выполнить другие работы. До 1956 г. в водном хозяйстве нашей страны орошение и освоение земель велось раздельным методом, необходимые работы выполнялись различными организациями, ведомствами и службами, не объединенными единым руководством, планом и финансированием. Такой метод сформировался в то время, когда водохозяйственное строительство шло на землях, благоприятных с мелиоративной точки зрения, в районах, имеющих большие трудовые ресурсы (северная и южная части

Ферганской долины, Самаркандский оазис и т. д.).

Задача мелиоративных органов на таких землях состояла в том, чтобы хозяйствам, с избытком обеспеченным рабочей силой, за счет подачи дополнительной воды и орошения новых земель дать возможность повысить производство сельскохозяйственной продукции. Зачастую хозяйствам приходилось лишь заботиться об орошении новых участков, приспособляться к изменению структуры посевов, увеличению площадей и т. д. Даже в этих условиях отмечался разрыв в темпах орошения земель и строительства мелиоративных каналов, освоения новых площадей и строительства оросительной сети. Поэтому площадь обарыченных или ирригационно подготовленных земель по республике к 1959 г. составляла 3180 тыс. га, а фактически орошающихся было на 600 тыс. га меньше.

Резкая несостоятельность раздельного метода проявилась на землях мелиоративно неблагоприятных. Например, в старой зоне Голодной степи темпы работ по орошению постоянно и значительно опережали темпы освоения земель из-за недостатка дренажа и всего объема работ, который необходимо выполнить по мелиоративному улучшению земель. Это привело к исключению из сельскохозяйственного использования около 50 тыс. га орошаемых земель.

Ударный народный способ строительства крупных водохозяйственных объектов, способствующих повышению обеспеченности водой, дал значительный эффект. Но наблюдались случаи, когда за счет концентрированных усилий удавалось создать водные артерии, а затем из-за невозможности охватить таким же способом значительные объемы работ на площадях и подготовить другие объекты для успешного освоения фактическое орошение земель растягивалось на многие годы. Примером может служить освоение тугайных веток в Голодной степи, земель Центральной Ферганы и др.

Намеченные партией и правительством перспективы орошения новых земель предусматривали развитие освоения в основном пустынных и полупустынных районов, отличающихся мелиоративным неблагоприятием, склонностью земель к засолению или первичной их засоленностью, а также необжитостью массивов, подлежащих освоению, и необходимостью создания объектов, которые обеспечили бы приемлемые условия для жизни и деятельности населения близ будущих орошаемых площадей.

Таким образом, задачи освоения новых

земель потребовали изменения форм и принципов водохозяйственного строительства в нашей стране. Возросшая мощь Советского государства, материально-техническая база позволили перейти на новую ступень организации водохозяйственного строительства.

Разработка принципов комплексного строительства в Голодной степи. Новая зона Голодной степи была как раз таким объектом, на котором следовало отработать, проверить и внедрить в практику принципы нового, так называемого комплексного метода строительства. Уже на первом этапе строительства была создана единая строительно-освоенческая организация — Главголотестепстрой, на которую возлагалась и координация всех работ, и строительство, и освоение вновь орошаемых земель.

В процессе освоения новой зоны Голодной степи новые организационные принципы совершенствовались и развивались. Суть их может быть сформулирована следующим образом.

По комплексному методу организации орошения и освоения новых земель все виды работ и мероприятия выполняются по единому плану и проекту, в основном по линии одного заказчика силами одной организации, несущей полную ответственность от проекта до полного освоения.

Для обеспечения необходимых темпов строительства и подготовительный период работ наряду с прокладкой первых магистральных коммуникаций должна быть создана база строительной индустрии и стройматериалов, которая позволит обеспечить производство необходимыми материалами и конструкциями. По мере увеличения темпов освоения земель эта база может наращиваться и развиваться.

Для успешного освоения к моменту сдачи хозяйству орошаемых земель (или их значительной части) водохозяйственные работы должны быть завершены в полном объеме со всеми производственными, жилыми и культурно-бытовыми объектами.

Строительные работы различного характера и на разных объектах должны проводиться в строгой технологической последовательности и увязке, что позволяет завершить весь комплекс работ в оптимальные сроки и с минимальной эффективностью отдачи капиталовложений.

Организация работ строится по принципу специализации при тесной их координации и увязке, поэтому специализированные работы выполняются специализированными потоками, в которых участвуют специализированные подразделения и их звенья по единому графи-

ку, направленному на обеспечение комплексного ввода.

По мере завершения орошения хозяйств (агроучастков, севооборотных массивов) создаются новые хозяйства, которым передаются объекты под освоение. Вновь организуемые хозяйства оснащаются техникой, финансируются, обеспечиваются кадрами, а также необходимыми материальными ресурсами из централизованных фондов.

Срок строительства совхозов определяется в 3—4 года, а срок освоения до достижения проектных показателей сельхозпроизводства — за 7—9 лет от начала строительства.

В процессе освоения земель в составе строительно-освоенческой организации создаются эксплуатационные органы, ведущие эксплуатацию межхозяйственных объектов, а также по договорам с хозяйствами — ремонт и содержание внутрихозяйственных объектов и коммуникаций.

Органам МСХ УзССР вновь образованные хозяйства передаются по мере достижения проектных показателей сельхозпроизводства при завершении основного комплекса работ и после отработки необходимых экономических связей между организациями.

Новая организационная структура Голодноостепея позволила сконцентрировать капиталовложения по источникам финансирования и объектам, не допуская отставания освоения земель от их орошения, выполнять все виды работ в строгой последовательности и тесной связи друг с другом.

На первом этапе освоения с 1956 по 1961 г. наряду со строительством основных ирригационных и дренажных магистралей (Южно-Голодноостепекий канал, Центральная петка, Центральный Голодноостепекий коллектор и др.) выполнялся значительный объем работ по прокладке инженерных коммуникаций (железные и автомобильные дороги, линии электропередач, связи, водопроводы и т. д.). В этот же период была создана мощная промышленная база строительных материалов, позволившая не только обеспечить строительству необходимыми ресурсами, но и преобразовать строительные площадки в монтажные.

Было построено 4 комбината и 1 завод, выпускающих более 400 тыс. м³ сборного железобетона и керамзитобетона, 86 тыс. м³ силикатных блоков, 400 тыс. м³ гипсопроката, 70 тыс. м³ керамзита, 1760 тыс. м³ сортированных инертных материалов, 1300 км гончарно-дренажных труб, 42 млн кирпичей, а также около 200 тыс. м² столярных изделий в год.

В 5 поселках были размещены предприятия стройиндустрии, основные строительные под-

разделения и их базы, жилищно-коммунальные и культурно-бытовые объекты для работников строительства и промышленности.

Такой подход к организации ирригационного строительства был достаточно смелым и новым. В противовес существовавшему мнению орошение земель начинали не сразу. Часть выделенных капиталовложений затрачивали на создание мощной базы в виде индустриальных предприятий, поселков с тем, чтобы благодаря получаемым в достаточном количестве строительным материалам и конструкциям закреплённый в созданных поселках рабочий контингент и ИТР ускоренными темпами вел строительство и освоение земель.

Создание в составе строительно-освоенческой организации базы стройиндустрии имело еще одно преимущество: это позволяло перенести ряд работ со строительной площадки на заводскую для максимального ускорения готовности изделий, доведения их до максимальной комплектности и предварительного укрупнения. Кроме того, единое управление промышленностью и строительством позволяет создать четкую систему поставки в виде комплектации объектов по графикам в соответствии с графиками строительства и ввода объектов в эксплуатацию.

Осуществление указанных мероприятий позволило развернуть с 1961 г. в широких масштабах работы по ирригационно-мелноративной подготовке земель, строительству совхозов и организации сельскохозяйственного производства на осваиваемых землях. С этой целью структура Голодноостепея была построена по специализированному принципу.

Коллектив строителей был сконцентрирован в 6 строительных и 1 ремонтно-эксплуатационном трестах, а также в Управлении освоения на правах треста совхозов. Кроме того, в системе Голодноостепея организованы специализированное Управление автотранспорта и Трест производственно-технологической комплектации.

К 1970 г. голодноостепекие строительные подразделения располагали основными производственными фондами на сумму более 100 млн. руб., более чем 450 экскаваторами, около 600 скреперами, 300 бульдозерами, 4,5 тыс. автомашин, а также множеством другой специализированной техники.

Из 6 строительных трестов 1 был специализирован на ирригационном строительстве, 1 — на дренажном, а 4 — на промышленно-гражданском. Создание такой мощной организации позволило с начала строительства до 1977 г. освоить 2158 млн. руб. капитальных вложений, в том числе 1618 млн. руб. на строительном-мон-

тажных работах, и ввести в действие основные фонды на 1837 млн. руб. За этот период мелноративно подготовлено 293 тыс. га земель, сданы в эксплуатацию 2549 тыс. м² жилья, общеобразовательные школы на 33,4 тыс. мест, детские дошкольные учреждения на 12,4 тыс. мест, 90 производственно-хозяйственных центров (ПХЦ), 1256 бригадных станков, ремонтно-механические мастерские в совхозах на 4131 усл. ремонт, животноводческие помещения на 10958 скотомест, 5 хлопкоочистительных заводов, 28 заготовочных пунктов и т. д.

Концентрация строительной техники в специализированных строительных подразделениях и улучшение организации работ способствовали резкому повышению производительности труда. Выработка на строительномонтажных работах 1 рабочего в строительстве возросла с 2,6 тыс. руб. в 1965 г. до 8,9 в 1965 г. и 13,6 в 1977 г.

Из предусмотренных проектом 52 совхозов в 1961 г. сельскохозяйственной деятельностью занимались 4, в 1965 г. — 10, а в 1977 г. — уже 49, из них переданы в постоянную эксплуатацию МСХ УзССР — 14, МСХ СССР — 1.

Особенность комплексного освоения новой зоны Голодной степи — временная эксплуатация хозяйств и всех возводимых сооружений, когда в процессе строительства совхозов создается их организационная структура, осуществляется подбор и подготовка кадров рабочих и ИТР, их расстановка, сельскохозяйственное производство оснащается механизмами и другими средствами. Одновременно организуются ремонтно-эксплуатационные службы по эксплуатации объектов ирригационно-мелноративного и жилищно-коммунального назначения. В период временной эксплуатации совхозов не только вырабатываются определенные экономические связи, приобретаются навыки в эксплуатации сложных инженерных сооружений, но и проверяются качество построенных сооружений и правильность проектных решений.

Организация сельскохозяйственной деятельности в процессе строительства позволяет резко сократить сроки освоения, вследствие чего ускоряется возмещение капиталовложений за счет непрерывного роста производства хлопка-сырца и другой продукции. Валовый сбор хлопка-сырца вырос с 14 тыс. т в 1961 г. до 277 тыс. т в 1972 г. и до 366 тыс. т в 1976 г. За 16-летний период строительства и освоения совхозами новой зоны государству продано более 2762,8 тыс. т хлопка-сырца.

Неуклонно повышалась урожайность хлопчатника: в 1976 г. она достигла 21,2 ц/га по сравнению с 10,8 ц/га в 1961 г., т. е. более чем

удвоилась с начала освоения земель. Проектом предусматривается уровень в 25 ц/га к году окончания первой ротации севооборота, т. е. с учетом переходного периода на 11—12-й год после ввода земель в сельскохозяйственный оборот. Однако многие хозяйства, отделения и бригады превысили пресектную урожайность значительно ранее предусмотренных сроков. Так, в совхозе им. Ленина, организованном в 1968 г., она составила в 1972 г. 25,6, а в 1973 г. — 27,6 ц/га, в совхозе «Правда», созданном в 1962 г., в 1968 г. — 26,7, в 1973 г. — 28,5, в совхозе «Комсомола» (с 1966 г.) — 25,4 и 26,9, в совхозе «Самарканд» (с 1965 г.) в 1973 г. урожайность достигла 26,1, им. Титова (с 1960 г.) — 30,3 ц/га, им. Сегизбаева (с 1965 г.) — 25,5 и т. д.

Большинство целинных совхозов стали устойчиво прибыльными: в 1973 г. чистая прибыль достигла 38,7 млн. руб., а с 1961 по 1976 г. составила 150,5 млн. руб.

Залог высокой рентабельности хозяйства Голодной степи — внедрение передовой технологии возделывания хлопчатника: широкорядные посевы, точный высев, защита гербицидами, гибкие трубопроводы и т. д. Вследствие этого нагрузка на одного работающего в растениеводстве в 1972 г. достигла 9,9 га, производство хлопка-сырца на 1 постоянного рабочего составило около 19 т, что более чем вдвое превысило средние показатели в других районах хлопководства.

Затраты труда на производство 1 ц хлопка-сырца в целинных совхозах составляют 2,2 чел/дня по сравнению с 4,4 чел/дня в совхозах Узбекстана. Особенно высок уровень механизации на уборке хлопка-сырца. Так, если в 1961 г. машинный сбор хлопка составил 16,4%, то в 1976 г. — уже около 76,7%, что в 1,6 раза выше показателей по Узбекистану. Многие хозяйства собирают машинами свыше 95% урожая.

Благодаря строительству производственных объектов, внедрению травопольных севооборотов с удельным весом люцерны до 36% совхозы Голодной степи развиваются как многоотраслевые хозяйства, занимающиеся, кроме хлопководства, бахчеводством (дыни, арбузы, овощи), зерноводством, а также выращиванием фруктовых, винограда и других. Севооборот с люцерной позволяет широко развивать животноводство (крупный рогатый скот); развито и шелководство.

Производство мяса ведется двумя специализированными птицеводческими комплексами и комплексом по откорму бычков на 10 тыс. голов скота. Одновременно создан ряд специализированных межхозяйственных предприятий

по переработке сельхозпродукции (хлопкоочистительные заводы, хлопкопункты, молочные заводы, ремонтные предприятия «Союзсельхозтехники» с базами в районных центрах).

Эффективность и значение комплексного метода строительства в Голодной степи. Комплексное орошение и освоение земель позволяет успешно решать проблему «закрепления» освоителей. В пустыне создан крупный экономический район с населением более 150 тыс. человек. Основными социально-экономическими факторами, способствующими закреплению кадров, следует считать следующие:

высокий уровень средней заработной платы; благодаря применению передовой агротехники в сельском хозяйстве и передовой технологии в строительстве производительность труда в Голодной степи и, как следствие, уровень средней заработной платы намного превысили средние показатели по республике; так, средняя заработная плата на одного рабочего в строительстве достигает 2374 руб., в сельском хозяйстве — 1980 руб. при средних показателях по Узбекистану 1956 и 1224;

созданы в сельской местности благоустроенного жилья со всеми видами коммунальных и культурно-бытовых удобств, по уровню приближающихся к городским, в сочетании с приусадебными участками;

большое внимание, уделяемое повышению образовательного уровня; созданы три техникума с тремя вечерними отделениями, два учебных комбината, а также ряд постоянно действующих курсов;

постоянное увеличение объема сельскохозяйственного и строительного производства.

Велико значение Голодной степи как лаборатории передового опыта в водохозяйственном строительстве и орошении нашей страны. Достаточно сказать, что здесь получили путевку в жизнь новые конструкции облицовок каналов, стыков лотков и сооружений на них, конструкции дренаукладчиков, бетоноукладочных машин, машин и механизмов для эксплуатации оросительной и закрытой дренажной сети; созданы новые методы полива и организации мелноративных работ. Все это способствовало созданию в Голодной степи инженерной системы нового типа, обеспечивающей надежное двухстороннее регулирование водно-воздушного и водно-солевого режима почвогрунтов — достаточный фон для интензивного ведения орошаемого земледелия. Благодаря этому достигнут коэффициент полезного действия всей системы до 0,80, что в 1,5 раза выше аналогичного показателя других оросительных систем, где КЗП равен 0,88—0,92; создан отрицательный солевой ба-

ланс с постоянным уменьшением запасов солей в активной толще почвогрунтов.

Годовой водозабор брутто в новой зоне Голодной степи составляет не более 8500 м³ на 1 га по сравнению с 12000—25000 м³ в большинстве других орошаемых районов. В условиях ограниченных водных ресурсов Средней Азии это свидетельствует о больших резервах оросительной воды, дальнейшем развитии орошения.

Расчеты эффективности капиталовложений в освоение новой зоны Голодной степи показывают, что к 1 января 1977 г. при общей стоимости созданных основных и оборотных производственных фондов целинных совхозов и Голодностепского управления оросительных систем, равной 876,4 млн. руб., с начала освоения получена прибыль (с учетом доли налога с оборота) в размере 1217 млн. руб.

В процессе комплексного строительства удалось получить повышение эффективности в результате тесной увязки строительства с освоением и вследствие разработки технологической последовательности в строительстве.

Строительство увязывается с освоением таким образом, чтобы все земли, подготовленные строительством, были переданы под освоение и немедленно включены в сельскохозяйственное производство, что обеспечивает их максимальное использование. С этой целью земли должны передаваться хозяйству начиная с единичных участков, полностью завершённых строительством (дренаж и ирригация вместе с промывками) в сочетании в соответствующих ему промышленно-гражданскими объектами. Таким единичным участком является севооборотный массив площадью 800—900 га или агропроизводственный участок в 1300—1600 га с бригадными станами, ПХЦ и жилыми объектами. Это обеспечивает определенную степень подготовленности под освоение и позволяет наращивать проектную площадь в течение заданного срока (3—4 года).

Большое значение имеет также соблюдение технологической последовательности при строительстве совхозов между видами строительства и внутри каждого вида работ. При недущем ирригационном строительстве объекты жилого фонда, культурно-бытовые объекты, производственно-хозяйственные центры, бригадные станы, ремонтные мастерские планируется завершить в течение 3—4 лет и ввести в действие одновременно с ирригационно-мелноративными системами.

К началу строительства должны быть подведены водопровод, газ, линия электропередач, линии связи и т. д. В первый год, подготовительный, строятся объекты нулевого цикла

(котельная, очистные и водозаборные сооружения, перекачные канализационные и дренажные станции), затем ПХЦ центральной усадьбы, ремстройдор, материальный склад, общежитие, детсад, магазин, чайхана, баня, медпункт; во второй год — ремонтно-механические мастерские, тракторный двор, ПХЦ двух отделений, гараж, коммуникации, столовая, аптека, школа и т. д. (около 35% жилья); в третий год — ферма рогатого скота, завершаются ПХЦ, строятся овощехранилища, картофелехранилище, клуб, все детские учреждения, поликлиника, прачечная и еще 40% жилья; остальные объекты завершаются в четвертый год.

Водохозяйственное строительство в комплексе осуществляется за 2—3 года. К концу первого года (к октябрю) завершается комплексная подготовка 30% всей площади орошения, в следующий год — 40%, в третий год — 30%. При водохозяйственной подготовке последовательно строятся дренаж, коллекторы, лотковая и трубчатая сети, каналы с облицовкой, производится планировка и промывка (если нужно) земель, строятся дороги и сооружения. Эти работы увязываются между собой на основе сетевых графиков потоками специализированных ПМК и СМУ двух водохозяйственных трестов.

Следует отметить, что указанные принципы в комплексе были осуществлены лишь в совхозах №11, 19а, 30а, 26а, в остальных отмечалось отставание в строительстве промышленно-гражданских объектов, которое еще не ликвидировано и в последние годы.

Анализ хода строительства и эффективности освоения, их взаимной увязки показывает, что существует функциональная зависимость между степенью комплексности строительства, которая является фактором, зависящим от организации строительства, и темпами повышения урожайности, определяющими экономичность орошения. Такая зависимость явно прослеживается по подъему урожайности в хозяйствах с различной степенью комплексности.

Положительный опыт осуществления комплекса мероприятий по орошению и освоению крупного необжитого массива на примере Голодной степи имеет общесоюзное значение. Принципиально новые организационные и технические решения по мелиоративному строительству в комплексе с мероприятиями по хозяйственному освоению земель, апробированные в Голодной степи, находят широкое применение и дадут большой экономический эффект при освоении крупных массивов целинных земель в Каршинской степи, юго-

западных районах Узбекистана, низовьях Амударьи, в зоне Каракумского канала, Туркмении, Яван-Обихинской долины Таджикистана и других районах нашей страны.

Комплексное строительство, начатое в Голодной степи Главголодностепестроем, получило развитие благодаря деятельности созданного в 1963 г. Главного среднеазиатского управления по ирригации и строительству совхозов. Эту организацию возглавили создатели комплексного метода работ в Голодной степи А. А. Саркисов, Е. И. Озерский и воспитанный под их руководством коллектив инженеров-гидротехников, строителей и освоителей земель. Главредазирсовхозстрой расширил сферу комплексного метода, включив в него, кроме освоения, строительства и стройиндустрии, создание новой техники, конструирование, научно-исследовательские работы, подготовку кадров среднего звена и т. д. Над этими вопросами работают проектные институты «Средазгипроводхлопок» — по водохозяйственным объектам и «Средазгипроцелинстрой» — по промышленно-гражданским; проектно-технологический институт «Оргтехстрой», 7 техникумов, ГСКБ по ирригации с отделением по внедрению новой техники.

Развитие комплексного метода в Узбекистане. Комплексное строительство было развернуто Главредазирсовхозстроем в Каршинской степи, КК АССР, Таджикистане. Освоить Каршинскую степь, орошая 350 тыс. га, оказалось более сложно, чем Голодную степь, так как трудности освоения усугублялись необходимостью машинного водоподъема на высоту 150 м, сложными условиями бесплотинного водозабора из Амударьи, мелиоративным неблагоприятием, отсутствием в непосредственной близости от массива избытков людских ресурсов и развитых баз строительных материалов.

Несмотря на эти трудности, основываясь на опыте Голодной степи и совершенствуя его, Главредазирсовхозстрой в короткий срок построил уникальный каскад из 6 насосных станций с машинным Ульяновским и Каршинским каналами, межхозяйственные коллекторы, поселки, дороги и т. д. Построена еще более крупная база стройиндустрии, в отличие от Голодностепской объединенная в один комбинат подсобных предприятий, включающий завод железобетонных изделий производительностью 200 тыс. м³ железобетона в год, РМЗ, деревообрабатывающий комбинат и другие подсобные предприятия. Построен гравийно-песчаный завод мощностью более 1 млн. м³ в год. Кроме того, создан ряд автобаз,

баз механизации, баз металлоконструкций и т. д., а также построены 6 крупных бетонных заводов, позволивших довести темпы укладки бетона в тело насосных станций и облицовку каналов до 2,5 тыс. м³/сутки.

Комплексность строительства поднята на еще более высокий уровень благодаря опережению промышленно-гражданским строительством водохозяйственной подготовки земель и их освоения. Использование ранее созданной базы Главсредазирсовхозстроя с дополнением своей базы, а также мощности в Каршистрое позволили уже в первые годы освоения довести темпы до 20 тыс. га, т. е. до уровня Голодностепестроя, а в последующем и более. Таких темпов водохозяйственной подготовки земель в нашей стране еще не было. И все эти земли немедленно вступают в сельхозоборот.

Главсредазирсовхозстроем к одиннадцатой пятилетке будет орошено (с начала деятельности с Голодностепестроем) 460 тыс. га земель; в 1975 г. объем ввода достиг 56 тыс. га в год. Объем строительно-монтажных работ по Главсредазирсовхозстрою составлял более 480 млн. руб. в год.

Организация ирригационного строительства по республике. Наряду с этим ведется большое водохозяйственное строительство силами ММиВХ УзССР и его подрядчика — Узглавводстроя, организации союзно-республиканского подчинения, созданной в 1964 г. В составе Узглавводстроя и ММиВХ по административно-территориальному признаку созданы строительные тресты.

Организации Узглавводстроя и Минводхоза выполняют работу по крупным водохозяйственным объектам — таким, как строительство Пачкамарского, Андижанского, Тюямуюнского и Тахнаташского гидроузлов, Аму-Бухарского канала I и II очереди, по развитию орошения в старой зоне Голодной степи, занимаются строительством совхозов и освоением земель в Хорезме.

Организации, созданные по территориальному признаку, находятся на уровне трестов с внутритрестовской специализацией по видам работ (земляные, бетонные и т. д.). В системе Узглавводстроя имеется систематически расширяющаяся сеть предприятий по производству железобетона, ремонту техники, изготовлению металлоконструкций, гончарных труб для дренажа и т. д. Кроме того, Узглавводстрой и ММиВХ располагают огромным парком автотранспорта, сосредоточенным в специализированном автоуправлении.

Слаженная работа коллектива Узглавводстроя позволила успешно построить Пачкамарское и Южно-Сурханское водохранилища,

оросить около 100 тыс. га земель в Сурхан-Шерабадской степи, построить Шерабадскую насосную станцию и каскад Аму-Бухарских насосных станций, Большой Андижанский канал и ряд других замечательных сооружений.

Строители Узглавводстроя и ММиВХ УзССР приобрели большой опыт в сооружении насосных станций и систем машинного орошения. В результате только за девятую пятилетку сооружено 85 крупных насосных станций для площади орошения 360 тыс. га. Большие насосные станции, такие как Амузганская, Бешарыкская и другие, построены за один сезон.

Множество объектов освоения новых земель в Ферганской, Андижанской и Сурхандарьинской областях возводятся комплексным методом по опыту освоения земель Голодной степи. В то же время из-за отставания в освоении эффективность орошения в Сурхан-Шерабадской степи оказалась намного ниже, чем в Голодной степи.

Строительные тресты ММиВХ УзССР занимаются повышением технического уровня ирригационных систем республики, перевооружением и реконструкцией, а также вводом в оборот новых орошаемых земель в староорошаемой зоне (перелог, залежи, выключки и т. д.). ММиВХ УзССР проводит большую работу по очистке и техническому обслуживанию ирригационной сети (более 130 млн. м³ в год), а также по строительству жилья и производственных баз для службы эксплуатации. Только за девятую пятилетку улучшено мелноративное состояние земель на площади 491,6 тыс. га, повышена водообеспеченность на 982,1 тыс. га, спланировано 143,2 тыс. га, хотя можно отметить и недостатки в виде некомплексности переустройства.

Объемы работ по водохозяйственному строительству резко возросли, о чем можно судить по следующим данным:

Год	Главсред-азирсовхоз-строй	ММиВХ УзССР	Узглав-водстрой	Всего
Объем строительно-монтажных работ, млн. руб.				
1960	31,7	36,2	27,3	95,2
1965	101,4	92,0	78,5	271,9
1970	172,1	138,1	143,0	453,2
1975	300,0	246,2	274,5	820,7
Ввод орошаемых земель, тыс. га				
1960	10,5	—	11,0	21,5
1965	20,5	27,2	15,8	63,5
1970	16,6	15,3	19,8	51,7
1975	56,0	61,3	27,0	144,3

Ввод основных фондов, млн. руб.

1960	41,8		1,46	43,26
1965	115,3	111,2	24,2	250,7
1970	204,8	217,1	31,4	453,3
1975	420,0	523,6	43,7	987,3

Наряду с этим растет ввод в действие других объектов водного хозяйства республики:

Мероприятие	За	За	За	За	За
	1966 г.	1970 г.	1960— 1970 гг.	1975 г.	1971— 1975 гг.
Обводнение пастбищ, тыс. га	175	457	1907	306	1567
Повышение водообеспеченности, тыс. га	136	225	780	555	1243
за счет госкапложений	136	206	726	529	1125
Проведение капитальной планировки, тыс. га	15	93	311	64	441
за счет госкапложений	15	67	248	57	297

Усиленные темпы роста стали возможными благодаря созданию мощной базы строительных организаций, оснащению их необходимым парком механизмов, разнообразной землеройной и монтажной техникой, а также повыше-

нию уровня специализации строительных организаций.

Водохозяйственные организации Узбекистана широко внедряют передовые приемы и методы, новую технику, используют достижения науки. В частности, началось применение антифильтрационных покрытий, закрытого горизонтального и вертикального дренажа, бетоноукладочных комплексов, высокопроизводительных землеройных машин, внедрена диспетчеризация. Более 50% объектов в Главсредазирсовхозстрое строится по сетевым графикам.

Для совершенствования водохозяйственного строительства и ввода новых орошаемых земель понадобится развитие базы строительной индустрии и максимальное превращение строительных площадок в монтажные за счет повышения степени заводской готовности изделий и деталей, комплексная механизация всех строительных работ, широкое применение полимерных материалов, сокращение сроков строительства за счет концентрации усилий специализированных организаций на вводе объектов, комплексная поставка материалов, конструкций и оборудования, увеличение степени комплексности водохозяйственного строительства.



Экспериментальное специализированное ремонтно-производственное предприятие (ЭСРПП).





Стена для заводских испытаний устройства телемеханического контроля и управления.



Пульт и мнемонит системы телемеханики УТМ-1.

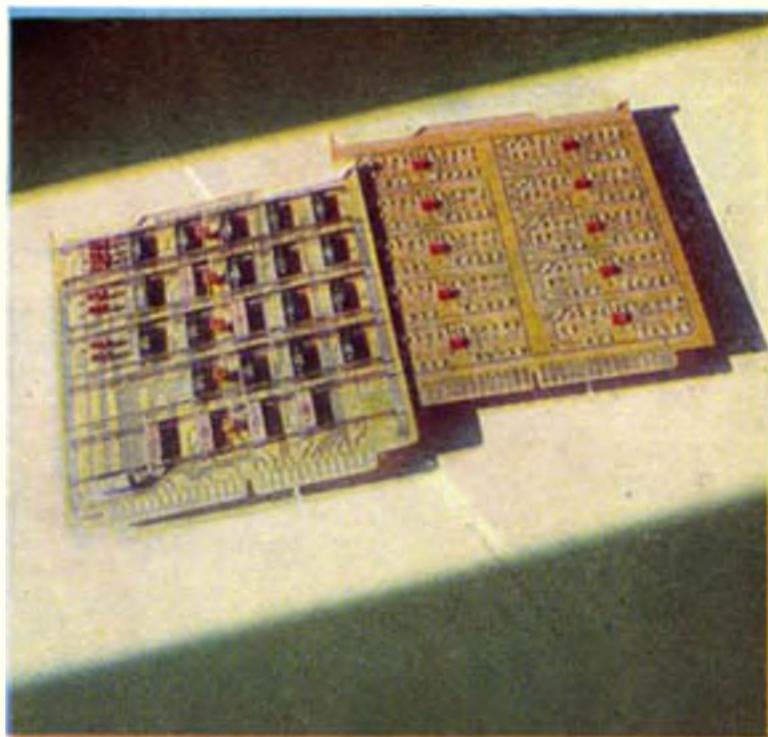
Информационно-вычислительный комплекс на базе ЭВМ М-6000.



Наладка устройства КОД-1.



Лаборатория по изготовлению и испытанию плит печатного монтажа.



* Цех ЭСРПН для ремонта
крупных узлов насосов



Цех ЭСРПП для сборки
насосных установок
СНП-500/10.



ГСКБ по ирригации (цех).
Ташкент.





Ремонтно-экскаваторный завод Минводхоза УзССР, Ташкент.



Очистные сооружения Алматинского цинкокомбината

Очистные сооружения Самаркандского суперфосфатного завода



В сельскохозяйственные организации республики оснащены большим парком современных высокопроизводительных машин и механизмов, без которых немислимы огромные успехи, достигнутые в освоении новых земель и улучшении мелиоративного состояния орошаемых площадей. Разнообразные по назначению, мощности и принципу действия машины позволяют во многих случаях производить гидромелиоративные работы на высоком техническом уровне и комплексно, механизированным способом.

Успехи в механизации гидромелиоративных работ стали особенно ощутимы, когда широкий размах приняло строительство в Голодной и Каршинской степях, на Каракумском канале, юге Украины и в других районах страны. Появление новых способов орошения и дренажа потребовало создания качественно новых, специальных высокопроизводительных машин и механизмов для прокладки оросительных каналов и закрытого горизонтального дренажа, облицовки сети, монтажных работ, очистки каналов от наносов и растительности и др.

Наряду с одноковшовыми экскаваторами, скреперами, бульдозерами и плавучими землесосными установками, хорошо зарекомендовавшими себя на ирригационных работах, в гидромелиоративное производство начинает внедряться новая техника — двухроторные и шнекороторные экскаваторы непрерывного действия для отрытия каналов глубиной 1,2—3,0 м, дрепоукладочные комбайны, позволяющие строить закрытые дрены глубиной до 4 м, бетоноукладочные машины для различных типоразмеров каналов, плитуукладчики для облицовки откосов оросителей и земляных дамб сборным железобетоном, каналочистительные машины для мелкой сети, длиннобазовые планировщики, автоцементовозы, бетоносмесительные установки, перегружатели бетона и др.

В ирригационном строительстве и эксплуатации оросительных систем наиболее массовые и трудоемкие виды работ — земляные. Ежегодный объем земляных работ, производимых ММ и ВХ УзССР и Узглавводстроем, превышает 1 млрд. м³.

Земляные работы в ирригации разнообразны, основные из них следующие: строительство каналов и гидросооружений, ремонт (очистка) и переустройство каналов оросительной и коллекторно-дренажной сети, планировка поливных земель, возведение плотин и дамб, отрывка и засыпка траншей под закрытый дренаж и напорные оросительные трубопроводы, работы в карьерах строительных материалов и их добыча и т. д.

Парк землеройной техники ММ и ВХ УзССР и Узглавводстроя в 1976 г. насчитывал 2644 одноковшовых экскаватора с ковшами общей емкостью 1769 м³, 105 многоковшовых экскаваторов, 3690 скреперов с ковшами емкостью 15760 м³, 3813 бульдозеров мощностью 388 тыс. л. с., 246 плавучих землесосных установок суммарной производительностью по воде около 200 тыс. м³/час, а также сотни грейдеров, автогрейдеров, планировщиков, плужных канавокопателей, катков, каналочистителей и др.

Распределение ежегодных объемов земляных работ, выполняемых на ирригационных объектах, по средствам производства не одинаково, о чем можно судить по следующим данным, %:

<i>Средство и способ выполнения</i>	<i>Новое строительство</i>	<i>Переустройство и ремонт (очистка) сети</i>
Одноковшовые экскаваторы	35—45	55—65
Скреперы	20—30	2—3
Бульдозеры	30—40	8—12
Землесосы	3—5	20—25

Прочие (многоковшовые экскаваторы, автогрейдеры, грейдеры, двухроторные экскаваторы и с помощью взрыва)
Вручную

2—4
< 1
10—15

Большой объем земляных работ в ирригации (около 40% на новом строительстве и 60% на эксплуатационных работах) приходится на одноковшовые экскаваторы. Это объясняется главным образом универсальностью этих машин и большим количеством типоразмеров, что при значительном разнообразии выполняемых в ирригации работ играет важную роль.

Первый опыт использования одноковшовых экскаваторов в Средней Азии относится к 1912 г.: при освоении северо-восточной части Голодной степи на строительстве головной части магистрального оросительного канала (ныне канал им. С. М. Кирова) работал отечественный экскаватор Путиловского завода с ковшом емкостью 1,6 м³, общей мощностью трех паровых машин 180 л. с. на железнодорожном ходу, имеющий рабочее оборудование — прямую лопату. Техническая производительность при погрузке грунта на железнодорожные платформы составляла до 100 м³/ч на гравелистом грунте и до 200 м³/ч на мягких глинистых почвах.

В конце 20-х — начале 30-х годов на крупных по тем масштабам водных объектах Узбекистана (реконструкция коллектора Шурузяк, Дальварзинстроя и др.) применялись одноковшовые экскаваторы иностранного производства (Бьюсайрус, Мониган, Марлон, Менк-Гамброк и др.). Началом планомерного использования отечественных экскаваторов в ирригационном строительстве среднеазиатских республик следует считать середину 30-х годов. Первые советские экскаваторы «Комсомолец», «Костромич», «Ковровец», ЛК—0,5 и ППГ—1,5—успешно работали на строительстве и очистке сети в предвоенные годы.

Мирное послевоенное строительство ознаменовано бурным ростом отечественного экскаваторостроения. За короткие сроки созданы различные типы экскаваторов, которые по многим технико-эксплуатационным показателям превосходят зарубежные. Наряду с другими заводами выпуск экскаваторов и послевоенный период начал Ташкентский завод, который изготавливает экскаваторы марки Э-304, широко применяющиеся в ирригации.

Одноковшовые экскаваторы, находящиеся на оснащении водохозяйственных организаций Узбекистана, в основном представлены машинами малых и средних мощностей, причем

первые применяются в основном на очистных работах, вторые — на строительных. Около 50% экскаваторов состоит из машин с ковшами емкостью 0,65—1,25 м³; около 25% имеют ковши емкостью 0,30—0,50 м³; экскаваторы с ковшами 2—4 м³ составляют около 1% общей численности. Качественное распределение экскаваторов по емкостям ковшей и то, что большинство этих машин имеет рабочие оборудования — драглайн и обратную лопату, обусловлено особенностями производства земляных работ в ирригации: большой линейной протяженностью каналов, небольшой удельной кубатурой грунта по длине сооружения, их различным поперечным сечением, геологическими и гидрогеологическими условиями.

Несмотря на положительные качества, одноковшовые экскаваторы, являясь циклическими машинами, по многим показателям уступают машинам непрерывного действия, например, многоковшовым экскаваторам, которые характеризуются большей удельной производительностью, высоким качеством работ, особенно на планировке дна и откосов каналов, малыми инерционными нагрузками и др. Канал, отрытый многоковшовым экскаватором, имеет правильное сечение и чистые откосы, меньше подвержен зарастанию, более устойчив и не требует ручных доделок, что очень важно при покрытии его антифильтрационной одеждой. Применение их на многих работах в комплексе с другими машинами дает хорошую эффективность.

Практика ирригационного строительства Узбекистана свидетельствует о больших возможностях применения этих машин. На строительстве Шурузякского коллектора (1912 г.) использовались три многоковшовых экскаватора поперечного копания фирмы Любек на железнодорожном ходу. Две машины производительностью по 150 м³/ч имели паровые двигатели по 110 л. с., а одна производительностью 100 м³/ч обладала мощностью 75 л. с. Несмотря на сложность их эксплуатации в условиях почти полного отсутствия ремонтной и материально-технической базы, эти машины вырабатывали до 4000 м³ в день. Многоковшовый электрический экскаватор на гусеничном ходу этой же фирмы успешно применялся на строительстве Баяутского магистрального канала (головная часть Южно-Голодностепского канала) с производительностью 160 м³/час (1949 г.)

В начале 50-х годов Киевский завод «Красный экскаватор» выпустил несколько сот многоковшовых экскаваторов поперечного копания ЭМ-502 и ЭМ-161 емкостью ковша по 50 и 16 л.

предназначенных главным образом для очистки каналов от наносов.

С внедрением в орошаемое земледелие прогрессивных типов дренажа и новых способов полива появилась большая потребность в траншейных многоковшовых цепных экскаваторах, которые до 60-х годов имели ограниченное применение в ирригации. Для устройства закрытого горизонтального дренажа и строительства закрытых напорных трубопроводов широко используются ценные траншейные экскаваторы типа ЭТУ-354 (с глубиной копания до 3,5 м) и ЭТЦ-252.

Один из эффективных способов производства земляных работ — гидромеханизация, используемая в водном хозяйстве Узбекистана главным образом на очистке водоприемников, отстойников и крупных каналов от наносов. Гидромеханизация на смыве отвалов (рашей) вдоль каналов, а также на планировке поливных участков потеряла значение с появлением землеройно-транспортных машин — бульдозеров, скреперов и планировщиков, хотя в период 40-х годов гидромониторные установки на указанных работах нашли применение. Если на очистке каналов и регулировочных работах количество грунта, разрабатываемое при помощи плавучих землесосных установок, составляет 20—25% общего объема, то на строительстве плотин и дамб этот объем значительно ниже (до 5%).

Гидромеханизация на ирригационных работах в СССР началась в 1927 г., когда для очистки каналов от наносов в г. Чарджоу были изготовлены плавучие землесосные установки с деревянными корпусами, известные как землесосные «снаряды Моргуnenкова». Они имели длину 17 м, ширину 5 м и осадку в рабочем состоянии 0,55 м; мощность тракторного двигателя, установленного на судне, 30 л. с. Техническая производительность землесосной установки 25 м³/ч грунта.

В 1928 г. завод «Красное Сормово» по заказу Главводхоза изготовил три мощных по тем временам плавучих паровых землесосных снарядов — «Ирригатор» № 1, 2 и 3, которые с 1930 г. по 50-е годы успешно работали по очистке каналов в низовьях р. Амударьи. Производительность установок составляла соответственно 250, 100 и 100 м³/ч грунта.

В 1933 г. в г. Чарджоу приступили к изготовлению землесосных установок «Янговатова», аналогичных «земснарядам Моргуnenкова», но более производительных — 45 м³/ч грунта; эти землесосы выпускались с металлическими корпусами и с тракторными двигателями мощностью 60 л. с. Землесосные

снаряды указанных марок успешно применялись на очистке каналов до конца 40-х годов, когда их начали заменять более современные машины — ТМНР, ПКГ, ВНИИГим, «Сормовский» и др.

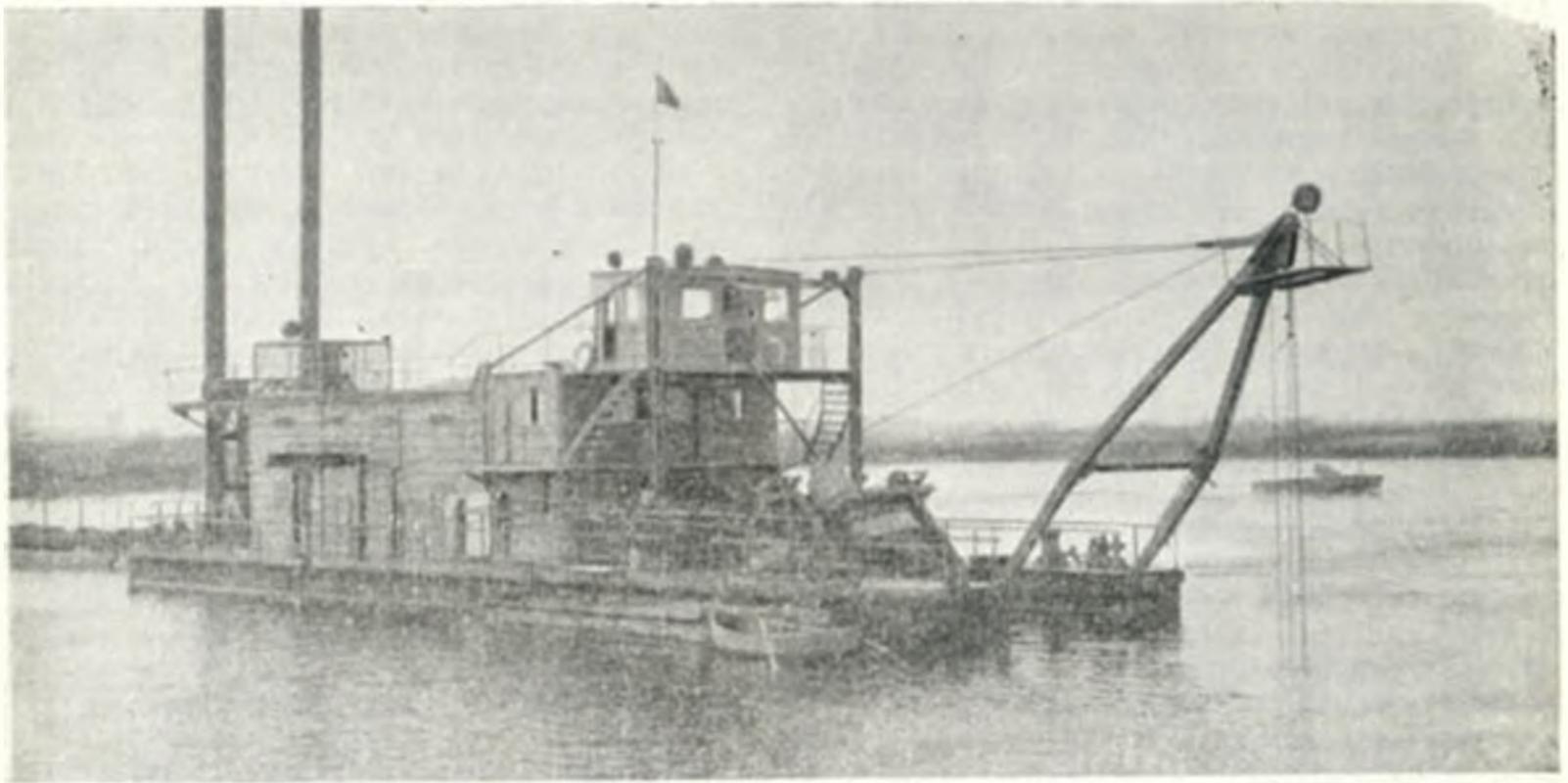
Основные объекты работы землесосных установок в республике — каналы среднего и нижнего течения Амударьи: Аму-Бухарский, Ташсака, Пахтаарна, им. Ленина, Кызкеткен и др. Заметную роль начинают приобретать крупные землесосные снаряды при борьбе с дейгишем, для устройства на реке прорезей. Так, в районе каналов Ташсака и Пахтаарна на Амударье была устроена прорезь шириной 70 м и длиной 14 км. На этих работах были заняты 12 плавучих землесосных установок с общей производительностью 1500 м³/ч грунта.

Парк машин водохозяйственных организаций республики состоит из плавучих землесосных снарядов производительностью 25—350 м³/ч грунта, в том числе мощных, хорошо оснащенных машин ДЭР-250 чехословацкого производства и новых дизель-электрических отечественных машин ЗРС-1, ЗРС-2, 8ПЗУ-ЗМ, ЗРС-Г. По чертежам ВНИИземмаш из Потийского машиностроительного завода гидромеханизмов изготавливаются землесосные снаряды МЗ-5, МЗ-7, МЗ-6, имеющие производительность соответственно 50, 100 и 250 м³/ч грунта. По мере прохождения государственных испытаний эти машины ставятся на серийное производство.

К крупным проблемам гидромеханизации водохозяйственных работ, требующим скорейшего решения, следует отнести повышение производительности землесосных снарядов. Особенно нетерпимо низкое насыщение пульсы грунтом — около 8—10% при работе на глинистых отложениях.

В САННИРИ проведены специальные исследования с целью повышения содержания грунта в пульсе. Разработаны принципиальные схемы новых грунтозаборных устройств для мелноративных землесосных снарядов. Отличительная особенность грунтозаборного устройства с гидрорыхлителем — вогнутый со стороны забоя экран, интенсифицирующий грунтозабор и уменьшающий приток излишней воды к приемному отверстию накопника. Для рыхления и взвешивания грунта экран по периметру снабжен гидромониторными насадками.

Особенность грунтозаборного устройства с механическим рыхлителем — использование составных парных винтовых фрез, заключенных в общий экран, обеспечивающих косое резание грунта, эффективное перемешивание



Землесос на русловыпрямительных работах в Амударье.

его с водой и полупринудительную доставку подогрунтовой смеси высокой консистенции в зону активного всасывания наконечника. Разработка грунта ведется только в подрез и на глубину до 1,5 м за один проход. Изготовлены опытные партии грунтозаборных устройств для землесосных снарядов. Оснащение одного землесосного снаряда средней мощности (800—1200 м³/ч водопроницаемости) грунтозаборными устройствами конструкции СМНИРИ дает большой экономический эффект.

Все шире применяется землеройно-транспортная техника (скреперы и бульдозеры), выполняющая значительный объем земляных работ (на новом ирригационном строительстве более 50—60%). Наряду с низкой стоимостью разработки грунта они дают возможность самостоятельно выполнять (во многих случаях) весь технологический процесс возведения земляного сооружения (разработка, транспортирование, послойная отсыпка и уплотнение грунта).

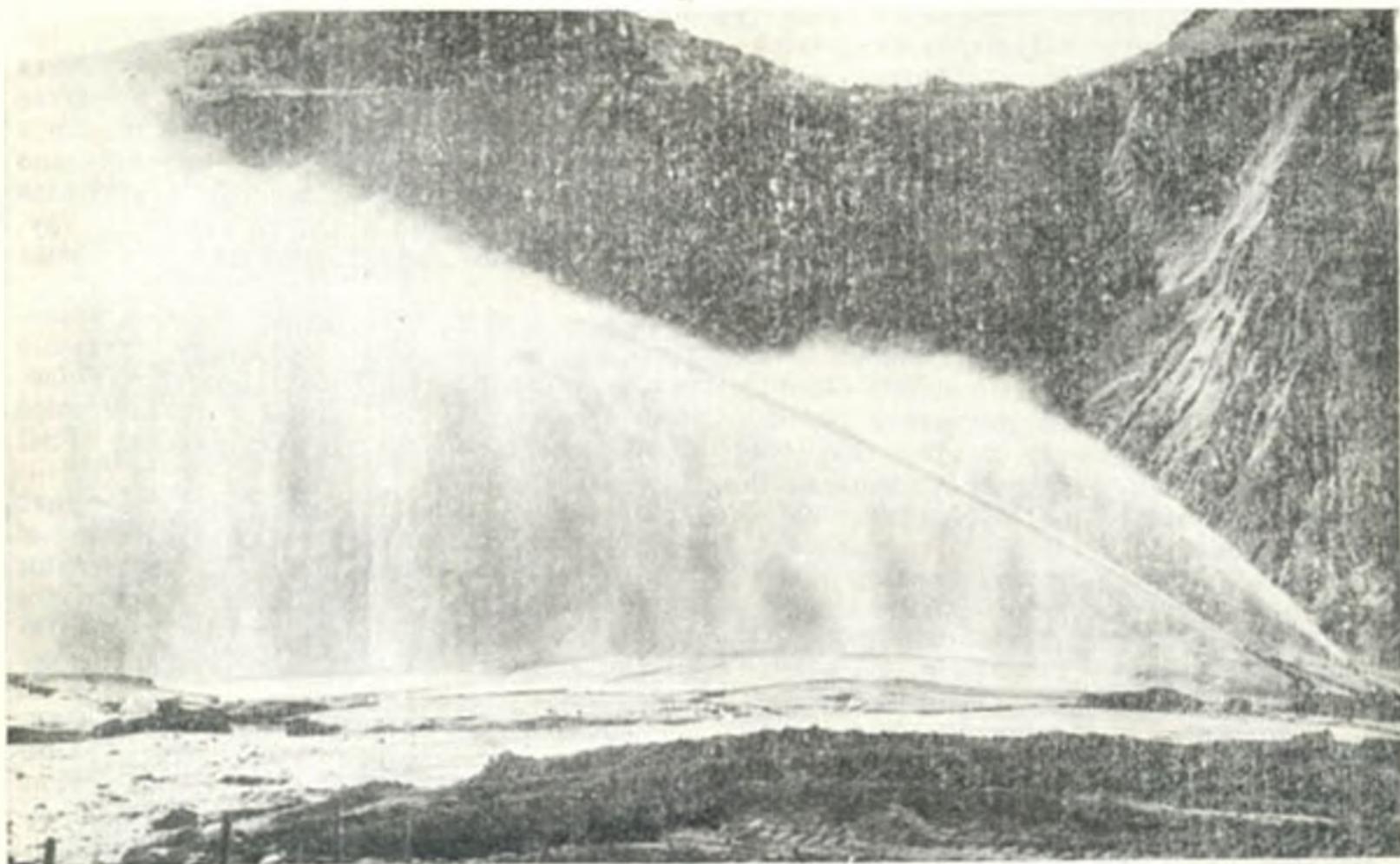
При планировке поливных участков скреперы и бульдозеры — основные машины, без которых невозможно производство огромного объема планировочных работ на староорошаемых и вновь осваиваемых землях. Производство этих машин в СССР растет из года в год, так как спрос на них огромный.

Большие перспективы открываются перед землеройно-транспортной техникой на строительстве крупных ирригационных водоводов.

На первой очереди Каракумского канала бульдозерами Д-157 и Д-271 выполнено 36% земляных работ, скреперами Д-147 и Д-222 более 14%, всего 103 млн. м³. В широких масштабах использовались также скреперы и бульдозеры на строительстве Южного Голодностепского и первой очереди Аму-Бухарского каналов. На участке Аму-Бухарского канала протяженностью немногим более 20 км, пролегающем по пустыне Кызылкумы, специально запроектированного с пологими откосами ($m=5-8$), бульдозерами вынута 5033 тыс. м³ грунта; стоимость разработки 1 м³ грунта при этом составила менее 25 коп.

У водохозяйственных организаций имеются скреперы, бульдозеры и автогрейдеры различных конструкций и мощностей. Скреперный парк ММнВХ УзССР (на 1975 г. — 1449 шт.) представлен в основном прицепными скреперами Д-458А (2,75 м³), Д-541А (3 м³) и Д-374 (8 м³); самоходные скреперы Д-357Г (9 м³) составляют около 5%; 30% парка приходится на машины, имеющие емкость ковша 7—10 м³; остальные имеют ковши емкостью 2,75—3,0 м³.

Бульдозерный парк, эксплуатируемый ММнВХ УзССР, включает 2073, главным образом, стоечных тракторов с канатным управлением оборудованием. Бульдозеры представлены следующими марками: Д-271А (4%), Д-492А (22%) и Д-686 (28%). Увеличиваются мощности базовой машины; подобными агрегатами постепенно оснащают



Гидромонитор в работе

ся строительные водохозяйственные организации. Так, уже около 7% бульдозерного парка Узглавводстроя представлены мощными машинами Д-384 (250 л. с.) и Д-521 (180 л. с.)

В связи с широким внедрением промышленных способов производства работ все звенья водного хозяйства оснащаются также мощными тракторными тягачами, трайлерами, автомобильными, гусеничными и башенными кранами, одно- и многоковшовыми погрузчиками, передвижными компрессорными установками и электрическими станциями.

Простой перечень состава машин не может показать современное состояние механизации ирригационного строительства в республике, если не рассматривать этот вопрос в связи с видами гидромелиоративных работ, выполняемых на оросительных системах, состав работ на которых во многом зависит от конструкций слагающих их сооружений, их назначения, функциональной задачи.

Сооружения, слагающие оросительную систему, с точки зрения назначения можно разбить на 4 группы.

Первая группа — земляные плотины, дамбы, гидроузлы, насосные станции, вторая —

оросительные каналы, третья — коллекторно-дренажная сеть и четвертая — поливные участки. На примерах строительства и ремонта этих сооружений рассмотрим состояние комплексной механизации гидромелиоративных работ в УзССР.

Возведение плотин и дамб. В процессе строительства земляных плотин и дамб обычно выполняются основных 4 вида работ: разработка, транспортирование, укладка и уплотнение грунта. При возведении сооружения средствами гидромеханизации технологический процесс сокращается до трех операций за счет исключения уплотнения грунта, которое в этом случае происходит самопроизвольно.

В Узбекистане земляные плотины возведены в основном «сухим» способом — послойной укаткой грунта (Каттакурганское, Учкызылское, Ташкентское, Чимкурганское, Каркиданское, Южно-Сурханское, Джизакское и Пачкамарское водохранилища).

Показательна по широкой комплексной механизации всех операций технологического процесса плотина Пачкамарского водохранилища, построенного на р. Гузаре в 1968 г. Грунт в карьерах после увлажнения предвари-

тельной замочкой разрабатывался 19 одноковшовыми экскаваторами, оборудованными прямыми лопатами, следующих марок: ЭКГ-4.6, Э-2503, Э-2005 и Э-10011. Общая емкость ковшей 32,5 м³. Автотранспорт для перевозки грунта представлен марками КрАЗ-256, МАЗ-503, МАЗ-205 грузоподъемностью 5—12 т.

На переработке грунта в теле плотины и на других участках было занято более 30 бульдозеров общей мощностью 5,5 тыс. л. с. (около половины машин — 250-сильные бульдозеры Д-384), 21 самоходный (9 м³) скрепер Д-357Г. Такое оснащение позволило достичь высоких темпов. За период отсыпки (23 месяца) в тело плотины в среднем укладывалось по 4052 м³/сутки; в рекордные дни — 13000 м³/сутки.

Уплотнение грунта проводилось гружеными самоходными скреперами Д-357Г. Проектные плотности суглинистого ядра (1,80 т/м³), отсыпаемого слоями 30—35 см, галечника (2,25 т/м³), укладываемого в боковые призмы слоями 60—70 см, и песчаной фильтровой массы (2,1 т/м³), уплотняемой слоями 40 см, достигались за 4 прохода скрепера по одному следу.

Механизация строительства плотины Пачкамарского водохранилища в известной степени отражает современный способ возведения плотин в УзССР. Аналогичными методами строились плотины Каркиданского, Южно-Сурханского, Джизакского и других водохранилищ.

Водохозяйственные строительные организации Узбекистана широко применяют на уплотнении грунта специальные машины и механизмы. На связных грунтах используются в основном прицепные кулачковые катки марки Д-130Б (массой 3—5 т) с удельным давлением на грунт 37—57 кг/см²; находят применение и каток Д-220 (13—29 т) с давлением на грунт 35—75 кг/см². Одинаковым эффектом обладают катки на пневмошинах колесах, применяемые на уплотнении связных и несвязных грунтов. Это прицепные катки ДСК-1 массой 26,5 т, уплотняющий грунт на глубину до 35 см, и 42-тонный Д-326, уплотняющий грунт слоями до 40 см. Песчаные и гравелистые грунты эффективно уплотняются виброкатками Д-480 массой 3 т, прорабатывающими грунт на глубину до 0,5—0,6 м.

Максимальная механизация трудоемких работ, связанных со строительством плотин и дамб, сделала возможным практически повсеместное внедрение «сухого» способа возведения качественных насыпей на оросительных системах, позволяющего строить быстрыми темпами при хорошем качестве производимых

работ. 25—30 лет тому назад земляные сооружения возводились отсыпкой лессового грунта в воду. Этот способ, основанный на свойстве лессовых грунтов легко размокать в воде и значительно уплотняться при сравнительно малых нагрузках сверху, широко применялся при возведении дамб и плотин как менее трудоемкий и более эффективный на просадочных грунтах.

Только в 40-х годах таким способом возведены многие земляные сооружения, главные из них — Саларская и Нижне-Бозсуфская плотины (1943—1944 гг.), дамбы деривационного канала и части плотины Фархадской ГЭС (1943—1948 гг.).

Возводить насыпи из несвязных (песчаных и гравелистых) грунтов наиболее эффективно способом гидромеханизации. Так возведены многие объекты в Средней Азии, в частности дамбы обвалования Келифского Узоя, плотины Сарыязинская, Кайраккумская, Хаузаханская и др.

Строительство оросительных каналов. Оросительные каналы строятся главным образом с помощью одноковшовых экскаваторов и, если позволяют габариты сооружения и гидрогеологические условия, — землеройно-транспортными машинами.

Оросительные каналы по размерам очень разнообразны, для создания или выбора средств механизации по их строительству и ремонту необходимо иметь единую классификацию их по габаритам. По материалам, собранным в результате многолетнего обследования оросительных систем Средней Азии отделом организации и механизации водохозяйственных работ САННИРП, предложена классификация оросительных каналов по типоразмерам. ММиВХ СССР рекомендует эту классификацию использовать при разработке нормативов потребности в машинах для выполнения ремонтно-строительных работ на оросительных системах.

Типоразмер оросительных каналов	Ширина по дну, м	Глубина, м	Крутизна откосов
I	До 0,6	До 1	1:1
II	0,6—1,2	До 1,5	1:1 до 1:1,5
III	1,2—3	До 2,5	1:1,5 до 1:2
IV	3—5	До 4	1:1,5 до 1:2,5
V	Более 5	Более 4	1:2 до 1:4

Каналы I типоразмера представляют собой внутрихозяйственную сеть, для их нарезки широко применяются прицепные и навесные плужные канавокопатели Д-716, Д-267А и КМ-1400, обеспечивающие открытие выемки на

одни проход. Из машин с активными рабочими органами применяются фрезерные канавокопатели КФН-1200А, смонтированные на гусеничных тракторах Т-100 МГС-1.

Следует отметить, что узбекские механизаторы явились инициаторами применения на отсыпке «подушек» и при нарезке выемки в каналах I типоразмера высокопроизводительных машин непрерывного действия — грейдеров и грейдер-элеваторов.

На строительстве каналов II типоразмера применяются главным образом машины циклического действия — одноковшовые экскаваторы с ковшами емкостью 0,15—0,30 м³. Для механизации отрывки каналов этого типоразмера Брянским заводом ирригационных машин по чертежам ВНИИземмаша была выпущена партия машин (около 60 шт.) непрерывного действия — двухроторные экскаваторы ЭТР-122, за один проход отрывающие канал глубиной до 1,2 м, шириной по дну 0,4; 0,6 и 0,8 м с откосами до 1:1,5. Опыт их эксплуатации показал низкую эффективность на отрывки выемок малого сечения, какими являются каналы II типоразмера. Подобные выемки проще и дешевле прокладывать прицепными плужными канавокопателями соответствующих параметров, поэтому экскаваторы не находят применения в ирригации республики.

С внедрением новой техники орошения и промышленных способов строительства на вновь осваиваемых землях Голодной, Джизакской и Каршинской степей открытые каналы, отнесенные к I и II типоразмерам, будут заменены закрытыми напорными трубопроводами и лотковыми каналами. Этот фактор необходимо учитывать при решении вопроса механизации строительства и ремонта каналов подобных габаритов.

Большая работа проделана по созданию землеройной техники для комплексной механизации строительства каналов III, IV, V типоразмеров, на строительстве которых, как уже отмечалось выше, заняты в основном одноковшовые экскаваторы, скреперы и бульдозеры. Наша промышленность выпускает новые специализированные мелиоративные машины высокой производительности, в том числе шнекороторные экскаваторы ЭТР-201А и ЭТР-301 для рытья каналов заданного профиля за один проход без дополнительной зачистки дна и откосов другими механизмами.

Экскаватор ЭТР-201А Брянского завода ирригационных машин предназначен для рытья оросительных каналов глубиной до 2 м и шириной по дну от 0,8 до 1,5 м с крутизной откосов от 1:1 до 1:1,5. Машина самоходная, непрерывного действия, состоит из гусеничного

тягача и рабочего органа, шарнирно соединенных между собой в вертикальной плоскости. Рабочие органы машины — ротор и два наклонных конических шнека, оснащенных режущими элементами. Средняя производительность 175 м³/ч в грунтах II и III категории.

Экскаватор ЭТР-301 отрывает каналы глубиной 3 м и шириной по дну 1,5; 2,0 и 2,5 м с крутизной откосов 1:1—1:1,75. Машина состоит из самоходного тягача и прицепной рабочей части. Производительность до 550 м³/ч. Один такой агрегат заменяет 8—9 одноковшовых экскаваторов.

На строительстве каналов IV и V типоразмеров наряду с мощными одноковшовыми экскаваторами и землеройно-транспортными машинами найдут применение модифицированные роторные экскаваторы и другие машины непрерывного действия, разрабатываемые институтами Министройдормаша.

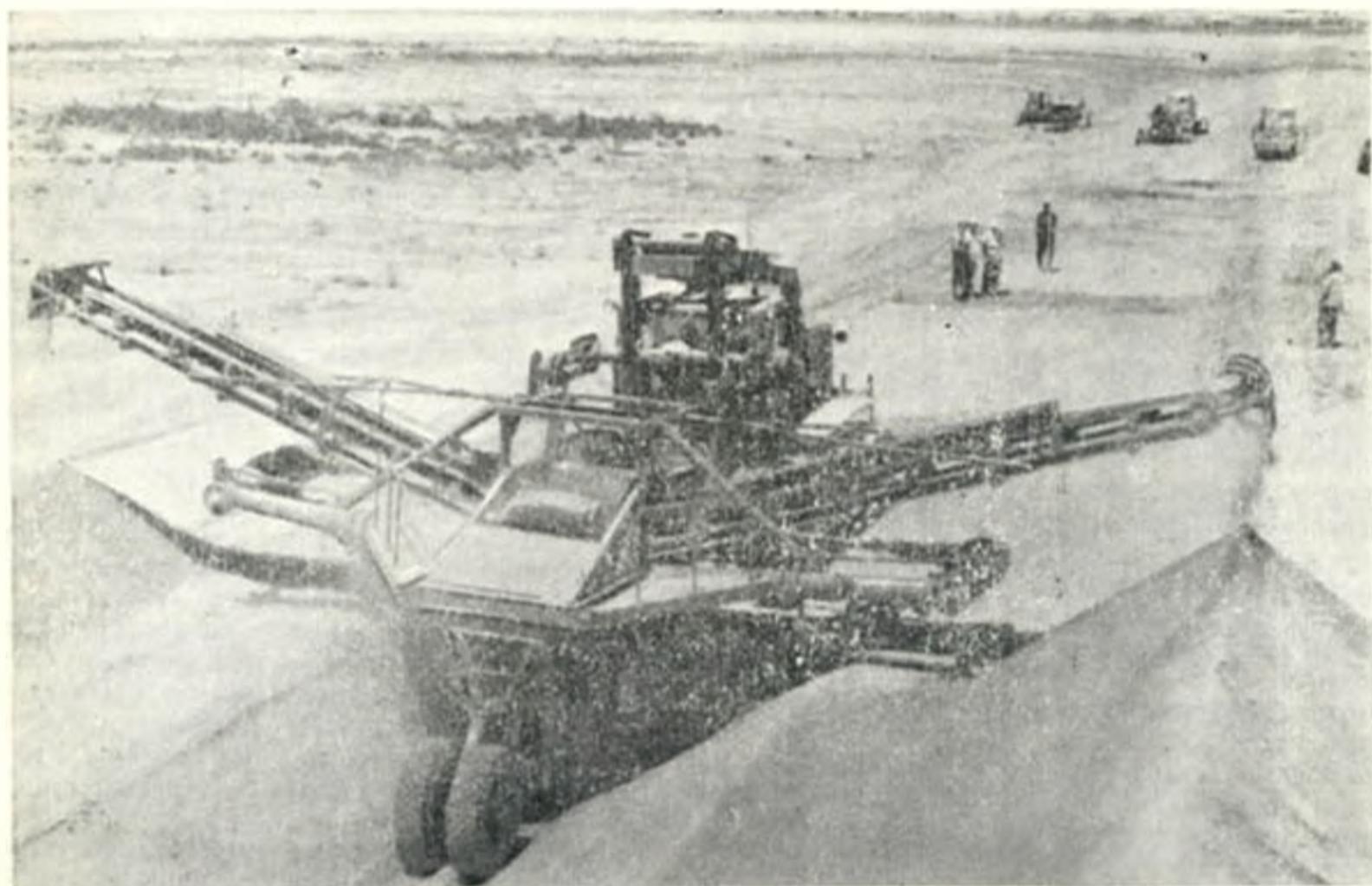
Строительство открытой коллекторно-дренажной сети. Одним из способов улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель — дренаж (преобладает открытый). Протяженность коллекторно-дренажной сети в Узбекистане достигла в 1976 г. 55,8 тыс. км по сравнению с 10,4 тыс. км в 1947 г.

По габаритам поперечного сечения открытые коллекторно-дренажные каналы могут быть сведены к трем типоразмерам:

Параметр канала	I	II	III
Ширина канала по дну, м	0,6—1,2	1,5—3	Более 3
Глубина каналов, м	2,5—3,5	3,5—5	Более 5
Крутизна откосов	1:1,5	1:1,5—1:2	1:2 и положе

На отрывки и ремонте указанных каналов заняты в основном одноковшовые экскаваторы различных мощностей с рабочими оборудованьями драглайна. Это объясняется тяжелыми условиями работы — близким залеганием грунтовых вод и глубокими выемками (высотное расположение). Из одноковшовых экскаваторов на отрывки дрен (I типоразмер) по технике-эксплуатационным показателям наибольшее применение находят машины с емкостью ковша до 1 м³. На рытье коллекторов (II и III типоразмеров) работают более мощные экскаваторы.

Наиболее эффективно на рытье коллекторно-дренажных каналов могут работать ценные многоковшовые экскаваторы поперечного копания, которые могут вести послойную разработку канала по глубине. Это имеет важное значение для устойчивости откосов при строительстве канала в слабых и обрушающихся грунтах.



Экскаватор траншейный ЭТР-201 в работе.

Прокладка закрытого горизонтального дренажа. Строительство закрытого горизонтального дренажа на орошаемых землях, начавшееся в конце 50-х годов в Узбекистане (Голодная степь), широко развернулось и в других районах аридной зоны страны. В связи с массовым строительством закрытого дренажа вопрос о комплексной механизации этих работ требовал срочного разрешения.

Строительство закрытых дрен заключается в укладке с определенным уклоном дренажной линии — фильтра и труб на заданную глубину от поверхности земли. Это может быть осуществлено двумя путями: открытой разработкой выемки или без нарушения наддренного слоя грунта. В первом случае способ строительства называется открытым, во втором — закрытым или бестраншейным.

Широко используется открытый способ строительства; закрытый может найти применение при устройстве устьевых частей дрен и при пересечении дренами различных наземных сооружений.

Открытый способ строительства в зависимости от габаритов выемки может иметь следующие три разновидности: широкотраншей-

ный, траншейный и узкотраншейный (щелевой).

Широкотраншейный метод используется при прокладке дрен в слабых и обрушающихся грунтах с высоким стоянием грунтовых вод. Отрывается выемка трапециевидного поперечного сечения (площадью около 20 м²) глубиной 3,5—4,5 м, шириной по верху 9—10 м и крутизной откосов обычно 1:1. Дренажная линия из-за наличия воды укладывается не на дно траншеи, а на специальную «полку», отрываемую на одном из откосов.

При прокладке дрен широкотраншейным способом основными машинами служат одноковшовый экскаватор с емкостью ковша 1,0—1,25 м³, осуществляющий отрывание выемки, и бульдозер на тракторе Т-100, производящий обратную засыпку траншеи. Значительные операции по устройству «полки» и укладке дренажной линии практически выполняются вручную.

В устойчивых сухих грунтах строительство ведется траншейным способом. Отрывается выемка обычно с вертикальными стенками шириной 0,6—0,8 м и глубиной 3—3,5 м, на дне которой укладывается дренажная линия.

При щелевом методе выемка, образуемая вырезанием или выдавливанием грунта в стороны, имеет ширину 0,15—0,30 м.

С первых дней строительства закрытого горизонтального дренажа в зоне орошения усилия научных и производственных организаций направлены на создание средств механизации по прокладке дрен траншейным и щелевым методами. Можно отметить дрепоукладчики Главголовностепстроя (1957 г.), САНИИРИ, известные под маркой Д-301 (1960 г.), ГСКБ по ирригации ЭД-3,0 (1966 г.), Брянского завода дорожных машин Д-658А и ВНИИземмаша Д-659А (1969 г.). Эти машины в общей схеме представляют агрегат, состоящий из траншейного экскаватора с бездонным металлическим бункером прямоугольного сечения в поперечнике, разбитым на несколько отсеков, через которые обеспечиваются круговая обсыпка труб и контроль за качеством укладки дренажной линии. Трубы на дно траншеи подаются по специальному криволинейному желобу.

Широко внедряются щелевые дрепоукладчики ВНИИГиМ марки БДМ-301 с пассивным рабочим органом и испытываются машины САНИИРИ марки ДЩ-301 с активной роющей цепью. К достоинствам щелевых дрепоукладчиков, прокладывающих пластмассовый дренаж, относится возможность работы в слабых обрушающихся грунтах с высоким стоянием подземных вод.

Дрепоукладочные машины (исключая конструкции ВНИИземмаш) ведут работу со спланированного на ширину 3 м пути «корыта» параллельно уклону дрены; при этом дно «корыта» по высоте располагается на расстоянии постоянного отрезка, равного обычно 3 м от проектного дна траншей. Поэтому строительство сопряжено с большим объемом земляных работ по планировке пути движения дрепоукладчиков, на выполнении которой занято значительное количество землеройно-транспортных скреперов с емкостью ковша 7—8 м³ и бульдозеров на тракторе мощностью 100—108 л. с.

Из всего технологического процесса строительства горизонтальных закрытых дрен нерешенной остается операция, связанная с уплотнением грунта при обратной засыпке траншей. В то же время опыт строительства и эксплуатации дрен на осваиваемых землях Узбекистана (Голодная, Шерабадская степь и другие районы) показал необходимость этой операции.

Заслуживает внимания разработанный САНИИРИ и доведенный до стадии внедрения новый метод уплотнения обратной засыпки

дрен комбинированной замочкой. Сущность способа состоит в том, что вода подается в засыпанную траншею по дренажным трубам через смотровые колодцы. После заполнения нижней части траншеи (до поднятия уровня воды на 0,3—0,4 м выше поверхности фильтровой обсыпки) она начинает подаваться и сверху. Созданная таким путем водяная подушка предохраняет дренажную линию от разрушений и заплывания потоком воды, подаваемой сверху. Количество воды, необходимое для замочки 1 пог. м траншей шириной 0,6 м и глубиной 3 м, в зависимости от влажности грунта, длины дрены и подаваемого расхода составляет 2—3 м³. Для замочки дрены оптимален расход, равный 25—30 л/сек.

Антифильтрационные работы на сети. Для облицовки каналов применяют бетон, железобетон, асфальтобетон, грунты нарушенной и ненарушенной структуры, полимерные и синтетические массы и т. д., особенно широко используется сборный железобетон, что позволяет строить каналы промышленными методами, полностью механизировать технологический процесс, ликвидировать сезонность в работе, значительно повысить производительность труда и качество работы.

На монтаже сборных железобетонных плит использовались общестроительные автомобильные и экскаваторные краны. С 1970 г. завод «Андижанирмаш» выпускает плитоукладчики МБ-8 для укладки железобетонных плит на спрфилированные и уплотненные откосы и дно каналов шириной по верху до 28 м. Производительность (при укладке плит площадью 12 м²)—120 м²/ч; установленная мощность 67,2 квт; грузоподъемность на всех вылетах 3 т; масса без балласта 31,1 т.

Наряду со сборным железобетоном при облицовке средних и крупных каналов применяется монолитный бетон. Практика показывает, что монолитная «одежда» благодаря значительно меньшему количеству швов и плотному прилеганию к покрываемой поверхности более надежна и долговечна в эксплуатации. Стоимость монолитной облицовки ниже сборной.

Освоены промышленностью и выпускаются серийно три комплекта машин для бетонирования каналов глубиной до 1,5, 3 и 4 м. Для облицовки монолитным бетоном глубиной до 1,5 м с крутизной откосов 1:1,5, шириной по дну 0,5, 1,0 и 1,2 м предназначен комплект машин, состоящий из экскаватора-профилировщика МБ-10, бетоноукладчика МБ-11 и нарезчика швов МБ-12, которые передвигаются по рельсовому пути, уложенному по двум бортам канала. Комплексы машин МБ-4, МБ-5 и МБ-6,

состоящий из профилировщика, бетоноукладчика и нарезчика швов, создан для облицовки бетоном каналов глубиной 1,5—3,0 м, шириной по дну 1,5, 2,0 и 2,5 м с крутизной откосов 1:1,5. Этот комплект, как и предыдущий, работает передвигаясь по двум рельсам, уложенным с двух сторон канала. Все машины снабжены автономными дизель-электрическими станциями и имеют много моторный электропривод.

Для бетонирования каналов глубиной до 4 м, шириной по дну 4—8 м и крутизной откосов 1:2 и 1:1,5 Брянским ордена Ленина заводом дорожных машин им. 50 летия Великого Октября организован выпуск комплекта машин, куда входят экскаватор-профилировщик МБ-1, бетоноукладчик МБ-2 и нарезчик швов МБ-3. За один проход машины обрабатывают половину периметра поперечного профиля канала — не более 13—13,5 м.

На бетонировании мелких каналов глубиной 0,6—1,2 м широко используются скользящие виброформы различных конструкций. «Андижанирмаш», в частности, выпускает виброформу МБ-15. Все эти машины и механизмы прошли государственные и производственные испытания в Узбекистане на объектах Голодной степи, Ферганской долины, Бухарского оазиса и др.

Один из дешевых способов, не требующих специальных материалов и легко поддающихся полной механизации, — облицовка каналов уплотненным грунтом (нарушенной и ненарушенной структуры). Сущность метода облицовки каналов уплотненным грунтом нарушенной структуры заключается в том, что поверхность канала покрывается послойно уплотненным грунтом. Толщина экранов по дну делается немногим более 0,6 м, а по откосам (по горизонтали) около 2,5 м, исходя из возможности прохода грунтообрабатывающих и уплотняющих машин. Механизация этих работ осуществляется общестроительными землеройными машинами — экскаваторами, скреперами, бульдозерами и катками.

Облицовка уплотненным грунтом нарушенной структуры впервые применена на участке Каршинского магистрального канала. Опыт эксплуатации канала и наблюдения за облицовкой выявили эффективность этого метода.

На Ульяновской ветке Каршинского магистрального канала, имеющей головной расход 65 м³/сек, по рекомендации САНИИРИ применен простой и экономичный способ борьбы с потерями из каналов — искусственный кольматаж, особенно эффективный в условиях легкопроницаемых грунтов. Сущность искусственной кольматации заключается в дополнительном насыщении потока глинистым раствором

(пульной) при помощи гидромеханизации или отсыпкой грунта в проточную воду.

Ударное уплотнение грунтов ненарушенной структуры, несмотря на широкое и детальное исследование этого способа научно-исследовательскими организациями в 50-х годах, так и не нашло практического применения на ирригационном строительстве Узбекистана, за исключением некоторых опытных работ, проведенных на оросителях Голодной степи, а также на подводящем канале Каттакурганского водохранилища.

В 1958 г. изготовлена опытная партия грунтоуплотняющих машин для уплотнения откосов С-325 и ВТ, для уплотнения дна каналов ТП-505 и Д-390, которая прошла испытания на водохозяйственных объектах Узбекистана.

С внедрением химии в ирригационное строительство для борьбы с фильтрацией воды из каналов шире стали применяться полимерные и синтетические материалы. Битумные экраны по многим показателям не уступают другим видам «одежды». Экраны грунтовой смеси с различными вяжущими, асфальтовые облицовки и многие другие материалы необходимо подвергнуть экспериментальной проверке.

Успешное внедрение указанных методов во многом зависит от средств механизации антифильтрационных работ. Наряду с изысканием новых и прогрессивных антифильтрационных «одежд» большое значение придается разработке технологического процесса строительства и средствам механизации.

Очистка каналов оросительных систем. Основные машины на очистке каналов в Узбекистане от наносов — плавучие землесосные снаряды и одноковшовые экскаваторы. Этими машинами обслуживается крупная и средняя сеть, а мелкие каналы обычно очищаются вручную.

Эксплуатационные характеристики и универсальность экскаваторов, большой выбор их типоразмеров при разнообразии очистных работ по составу и объему отлагаемых наносов привели к тому, что экскаватор практически оказался единственным механическим средством, проводящим очистку. На эксплуатационных работах оросительных систем одноковшовыми экскаваторами выполняется до 55—65% земляных работ.

Наряду с механическими средствами (экскаваторы, в редких случаях землеройно-транспортные машины) наносы из крупных магистральных каналов и отстойников удаляют также плавучими землесосными снарядами (20—25%).

Из-за отсутствия специальных машин очистка оросительных и коллекторно-дренажных каналов от растительности производится экскаваторами одновременно с удалением наносов или пручную. На Всесоюзной научно-технической конференции по механизации водохозяйственных работ в орошаемых районах СССР, состоявшейся в 1969 г. в г. Ташкенте, установлено, что одна из главных задач на ближайшие годы для научно-исследовательских и конструкторских организаций, работающих в области механизации гидромелiorативных работ, — механизация очистки оросительной и коллекторно-дренажной, особенно мелкой, сети от наносов и растительности. Эту задачу можно решить благодаря созданию новых средств механизации удаления наносных отложений и зарослей из каналов, усовершенствованию существующей техники и использованию машин, применяемых на аналогичных работах в европейской части страны.

Особенно быстро эффекта можно достичь по пути использования машин, серийно выпускаемых и широко применяемых на очистке осушительных систем. Среди некоторых специалистов существует ошибочное мнение, что эти машины по конструктивным параметрам не подходят для использования на оросительных системах Средней Азии.

Согласно решению Совета Министров Узбекской ССР, ММнВХ УзССР совместно с САНИИРИ проводит широкую производственную проверку ряда машин, применяемых для очистки сети от наносов и растительности, выпуск которых освоила или осваивает отечественная промышленность. Эта машина для очистки средней и мелкой оросительной сети: мелноративный экскаватор ЭМ-152Б, каналочиститель со сменными рабочими органами МР-9 и ЭМ-202, драглайн бокового копания к экскаватору Э-304, экскаватор-планировщик Э-2516 с поворотным ковшом и др.

Многоковшовый экскаватор поперечного копания ЭМ-152Б имеет раздвижной гусеничный ход и ковш емкостью 15 и 8 л, расчетная производительность соответственно 57 и 40 м³/ч. Машина предназначена для очистки каналов глубиной до 2,3 м и шириной по верху 5,7 м. Для нормальной работы экскаватора необходимо, чтобы одна сторона канала была свободной от древонасаждений, а берма канала, по которой перемещается экскаватор, — спланирована.

Каналоочиститель со сменными рабочими органами МР-9 обслуживает каналы глубиной до 2 м с шириной по дну 0,4—1,5 м, имеющие крутизну откосов 1:1 и 1:1,5. Производитель-



Экскаватор на канале в работе.

ность (расчетная) с ротором-метателем 63 м³/ч, с уширенным ковшом — 80 м³/ч.

Машина ЭМ-202 изготавливается на базе мелноративного экскаватора ЭМ-152Б. Каналоочиститель имеет 4 сменных рабочих органа: ковшовые линии поперечного и продольного черпания, ротор-метатель и косилку. Сменное оборудование позволяет производить очистку от наносов и травянисто-кустарниковой растительности каналов глубиной до 2 м и шириной по дну от 0,4 до 1,0 м при крутизне откосов 1:1 и 1:1,5. Расчетная техническая производительность каналочистителя при работе с ковшовой линией поперечного черпания — 55 м³/ч, ковшовой линией продольного черпания — 30 м³/ч, ротором — 370 пог. м/ч и косилкой — 0,4 га/ч.

Сменное оборудование (драглайн бокового копания) к экскаватору Э-304В и сменное оборудование (повторный ковш) к экскаватору Э-2516 относятся к очистным машинам циклического действия.

Боковой драглайн Э-304В, освоенный Ташкентским экскаваторным заводом, позволяет очищать каналы глубиной до 4,2 м с минимальной шириной по дну 0,6 м. Особенность данной машины — перемещение ковша емкостью 0,3 м³ вдоль канала, благодаря чему откосы сооружения, в частности дрен, остаются нетронутыми, а объем производимых земляных работ на очистке резко сокращается.

Исследование боковых драглайнов в условиях Ташкентской и Сырдарьинской областей выявило их эффективность на очистке коллекторно-дренажной сети. Несмотря на меньшую относительно обычных производительность (25—30 м³ за час «чистой» работы), благодаря резкому сокращению объемов работ за счет удаления наносов без срезки грун-

та с откосов эти машины дают большую экономию.

Поворотный ковш, установленный на экскаваторе-планировщике Э-2516, выпускается Андиганским машиностроительным заводом; основные параметры его: емкость 0,25 м³, ширина 2 м, вес 200 кг. Максимальная глубина очищаемых каналов 2,9 м при крутизне откосов $m = 1:1$; 2,25 м при $m = 1,5$ и 1,85 м при $m = 2$. Техническая производительность 15—20 м³/ч. Испытания сменного оборудования на объектах Андиганской области дали положительные результаты.

Указанные машины непрерывного и циклического действия по характеристикам вполне подходят для выполнения ремонтных работ на трех первых группах оросительных и первой группе коллекторно-дренажных каналов.

Для поддержания в рабочем состоянии более 20 тыс. км закрытых дрен, протяженность которых с каждым годом увеличивается, выполняются большие объемы работ по их ремонту, особенно по промывке дренажных труб; только в Голодной степи в 1975 г. промыто около 200 км закрытых горизонтальных дрен.

Промывка дрен осуществляется с помощью специальной машины ПДТ-125 конструкции ГСКБ по пригласию. Промывочный агрегат состоит из 2 тракторов ДТ-75, одноосного прицепа со смонтированным на нем барабаном с промывочным шлангом длиной 140 м (резинно-тканевые шланги 7 секций по 20 м каждая), двухосного прицепа с емкостью для промывочной воды, насосных станций ЗМС-10 и С-245, смонтированных на тракторах ДТ-75. Длина промывки дрены с одной позиции 125 м в каждую сторону. Рабочее давле-

ние 20 кгс/см². Эксплуатационная производительность 150—200 м промытой дрены в смену.

По мере оснащения оросительных систем водоучитывающими и водораспределительными сооружениями, замены внутрихозяйственной сети, проходящей в земляном русле, на лотки и закрытые трубопроводы, облицовки каналов бетоном и железобетоном, а также использования других антифильтрационных покрытий состав ремонтно-строительных работ и машин качественно меняется. Поэтому ведутся широкие разработки способов и средств поддержания оросительных систем с антифильтрационным покрытием в работоспособном состоянии.

Одна из обязательных и трудоемких работ при освоении новых и использовании орошаемых земель — планировка поливных участков с помощью землеройно-транспортных машин — скреперов, бульдозеров и длиннобазовых планировщиков. Наиболее распространены планировщики ПТ-4А, затем ПТ-2,8; начинают поступать в производство планировщики Д-719. Планировщики, находящиеся на вооружении подведомственных организаций «Узглавводстроя» насчитывают немногим более 80 механизмов, из которых 80% представлены планировщиками ПТ-4А и 12% ПТ-2,8.

Основной объем планировочных работ в Узбекистане приходится на скреперы и бульдозеры. Опыт эксплуатации землеройно-транспортных машин показал, что высокий эффект получается от машин средних мощностей — скреперов с емкостью ковша 8—10 м³ и бульдозеров на тракторах мощностью 140 л. с. ввиду небольшой срезки и сравнительно малого расстояния их хода.

Успехи народного хозяйства Узбекистана на основе технической революции и бурного роста производительных сил способствовали развертыванию ирригационного строительства в республике. В первую очередь стали резко увеличиваться объемы бетонных, железобетонных работ, а также сопутствующих им опалубочных, арматурных и гидронизоляционных. Все шире в практику водохозяйственного строительства входит сборный железобетон. Строительные площадки превращаются в монтажные. Только по Узглавводстрою годовой объем монтажа сборного железобетона достиг 630 тыс. м³, или более 2000 м³ на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ.

Изменился и характер основных земляных работ в ирригационном строительстве. Среди выполняемых средствами комплексной механизации работ (более 2 млрд. м³ в год в УзССР) большой удельный вес занимают специальные виды земляных работ (возведение плотин отсыпкой в воду, намыном, взрывным способом и гидромеханизация).

ВОЗВЕДЕНИЕ ПЛОТИН

В Узбекистане возведено 12 и строится ряд земляных плотин крупных водохранилищ полезной емкостью от 7 до 13 млрд. м³. При строительстве земляных плотин отработаны следующие методы возведения: отсыпка с укаткой, отсыпка в воду, намыв, а также укладка и уплотнение направленным взрывом.

Методом отсыпки с укаткой возводилась большая часть плотин: на Куюмазарском, частично Джизакском, Камашинском, Дегресском, Каркиданском, Чимкурганском, Пачкамарском и крупнейшем среди них Чарвакском водохранилищах.

В качестве типичного примера возведения плотины таким методом можно привести

плотину Пачкамарского и Чарвакского водохранилищ.

Строительство первой плотины начато в 1964 г. СМУ Пачкамарводстроя Узглавводстроя. Под суглинистым ядром были убраны пыветрелые скальные породы. На плотное основание под ядро укладывалась бетонная или железобетонная плита толщиной 0,5—1,0 м и проводилась цементация основания под пригрузкой ядра. На правом и левом бортах выполнены цементационные лапсы от 20 до 45 м. К началу отсыпки основной части тела плотины подготовлены карьеры гравелисто-песчаного и суглинистого грунтов.

Перед укладкой в ядро плотины суглинистый грунт увлажнялся в карьере. Для устройства переходных зон фильтра применялась гравелисто-песчаная смесь с фракциями диаметром от 0,05 до 20 мм. Пылеватые частицы удалялись гидромонитором. Грунт из карьеров доставлялся автомашинами грузоподъемностью 5—10 т, загружаемыми одноковшовыми экскапаторами. Несмотря на узкий фронт работ, среднесуточная укладка всех видов грунта в плотину составляла 10 тыс. м³.

Планировка свежесыпанного грунта проводилась в основном бульдозерами Д-384А с точностью ± 5 см, укатка — автоскреперами Д-387 с соблюдением оптимальной толщины уплотняемого слоя 0,70 м за 4 проходки. Согласно проекту объемный вес упорных призм доводился до 2,25 т/м³. При отсыпке суглинистого грунта ядра выдерживалась толщина уплотняемого слоя 0,30 м и оптимальная влажность 16%, объемный вес при этом доводился до 1,8 т/м³.

В летний период грунт доувлажнялся с помощью поливо-моечных машин. При выпадении осадков спрофилированное ядро укрывалось полиэтиленовой пленкой. Для надежного контакта тела плотины с бортами основания, кроме укатки, проводился замыв кон-

такта по контуру примыкания. В целях одновременного роста всех зон плотины производилась комплектация землеройно-транспортной техники для оптимального использования ее по заранее разработанной технологии. Фильтровая масса укладывалась специальным фильтроукладчиком.

При сооружении второй плотины, Чарвакской, ядро и тело было возведено методом отсыпки с послойной укаткой. Отсыпка суглинка велась самосвалами БелАЗ 540, разравнивание — бульдозерами слоями до 0,5 м, укатка — 35-тонными катками и гружеными до 50 т самосвалами МАЗ-525. Особое внимание обращалось на поддержание исходной влажности суглинка в карьере, так как это гарантировало наименьшее количество затрат труда для достижения проектной плотности.

Отсыпка переходных зон велась, как правило, с некоторым опережением по сравнению с ядром самосвалами с разравниванием бульдозерами слоями 0,5—1 м, которые уплотнялись по первому слою до 1,9 т/м³, а по второму до 2,1 т/м³ тракторными трамбовками с падающей плитой.

Каменные призмы отсыпались самосвалами БелАЗ 540, разравнивались бульдозерами слоями 1—1,5 м, уплотнялись гружеными до 50 т самосвалами МАЗ-525. Отсыпка велась с предварительной замочкой грунта в кузове самосвалов. Применение прицепных 50-тонных пневмокатков не оправдалось из-за их технического несовершенства.

Наряду с отсыпкой сухого грунта и послойной укаткой при возведении контактной части основания суглинистого ядра плотины и экрана верховой перемычки, входящей в тело плотины, был применен (как эксперимент) способ отсыпки суглинка в воду с уплотнением его попутными ходами автосамосвала.

Метод отсыпки в воду в Средней Азии применялся с давних времен при строительстве дамб, каналов и невысоких плотин. Тело плотины разбивалось на карты заданной площади. Карты ограждались валиками. Каждый участок заполнялся водой и после установленного срока замочки в делянку отсыпался карьерный грунт.

В 1943—1944 гг. этим методом сооружены плотины Саларской ГЭС и Нижне-Бозсуйской ГЭС № 1. На второй широко велись научно-исследовательские работы, изучался грунт, уложенный в плотины, способы производства работ и др. Плотина высотой 28 м возведена из лессовидных суглинков, в которых содержание пылеватых частиц достигало 60—90%, песчаных фракций 3—30% и

глинистых 6—20%. Средний объемный вес скелета — 1,5—1,6 т/м³.

В 1956 г. методом отсыпки грунта в воду возведена плотина Хишрауской ГЭС на одном из древних ирригационных каналов Даргом. Грунт отсыпался большими слоями, были механизированы почти все основные трудоемкие работы. Максимальная высота плотин — 36,5 м, общая длина по верху — 332 м. Плотина имеет две упорные призмы — верховую и низовую.

Грунт в тело плотины укладывался слоями толщиной 1 м в подготовленные делянки, огороженные дамбами и предварительно залитые водой. Слой воды в делянках поддерживался постоянным (0,7 м) в течение всего времени заполнения делянки грунтом. Подвозимый из карьера грунт сгружался вблизи бровки делянки и сдвигался в воду бульдозером, специального уплотнения отсыпанного грунта не производилось.

В процессе возведения плотины суглинок и песчано-гравийный грунт карьеров перемешивались, вследствие чего грунт тела приобрел следующий состав, % веса:

Грунт	Частицы, мм				
	2	2-0,5	0,5—0,075	0,075—0,005	0,005
Медкозем	5,0	15,0	28,5	44,5	7
Песчано-гравий	36,0	37,2	17,1	10,7	—
Грунт тела плотины	6,1	23,4	19,2	42,1	9,8

Грунты тела плотины имели следующие характеристики: удельный вес — 2,7 т/м³, объемный вес 1,62 т/м³, влажность 18%, коэффициент водонасыщенности 0,73, пористость 40%, верхний предел пористости — 24,9%, нижний — 16,9, число пластичности — 8,0; сопротивление сдвигу — 18°40'; C = 0,30 кг/см².

Методом отсыпки в воду построена левобережная часть плотины Южно-Сурханского водохранилища. Склон сложен лессовидными суглинками с характерными просадочными явлениями. Все работы были механизированы. Грунт разрабатывался многоковшовым экскаватором и доставлялся к крупным делянкам большегрузными скреперами и машинами; бульдозеры сталкивали грунт в делянки, заполненные водой на глубину до 0,70 м.

На Чарвакской плотине описываемым методом достигнута наивысшая плотность 1,65 т/м³ при влажности более 18%. Толщина отсыпаемого слоя — 2—3 м. Отсыпка велась с самосвалов на бровку пионерным способом с разравниванием бульдозером и лотом, и при отрицательных температурах.



Строительство плотины Южно-Сурханского водохранилища.

Отсыпка в воду была также с успехом применена при возведении плотины Джизакского водохранилища. По длине она была разделена на две части — русловую и бортовую. В основании русловой части залегали илистые разжиженные грунты, которые выбиралась экскаваторами после водоотлива. На подготовленное основание отсыпался грунт и укатывался попутными проходками прицепных скреперов, как это делалось при строительстве Пачкамарского водохранилища.

В основании бортовой части плотины залегали сильнопросадочные суглинки, их толщина достигала 16 м. Благодаря методу отсыпки в воду поддерживалась необходимая степень увлажнения всей толщи и обеспечивалась равномерная просадка по мере увеличения нагрузки при наращивании плотины.

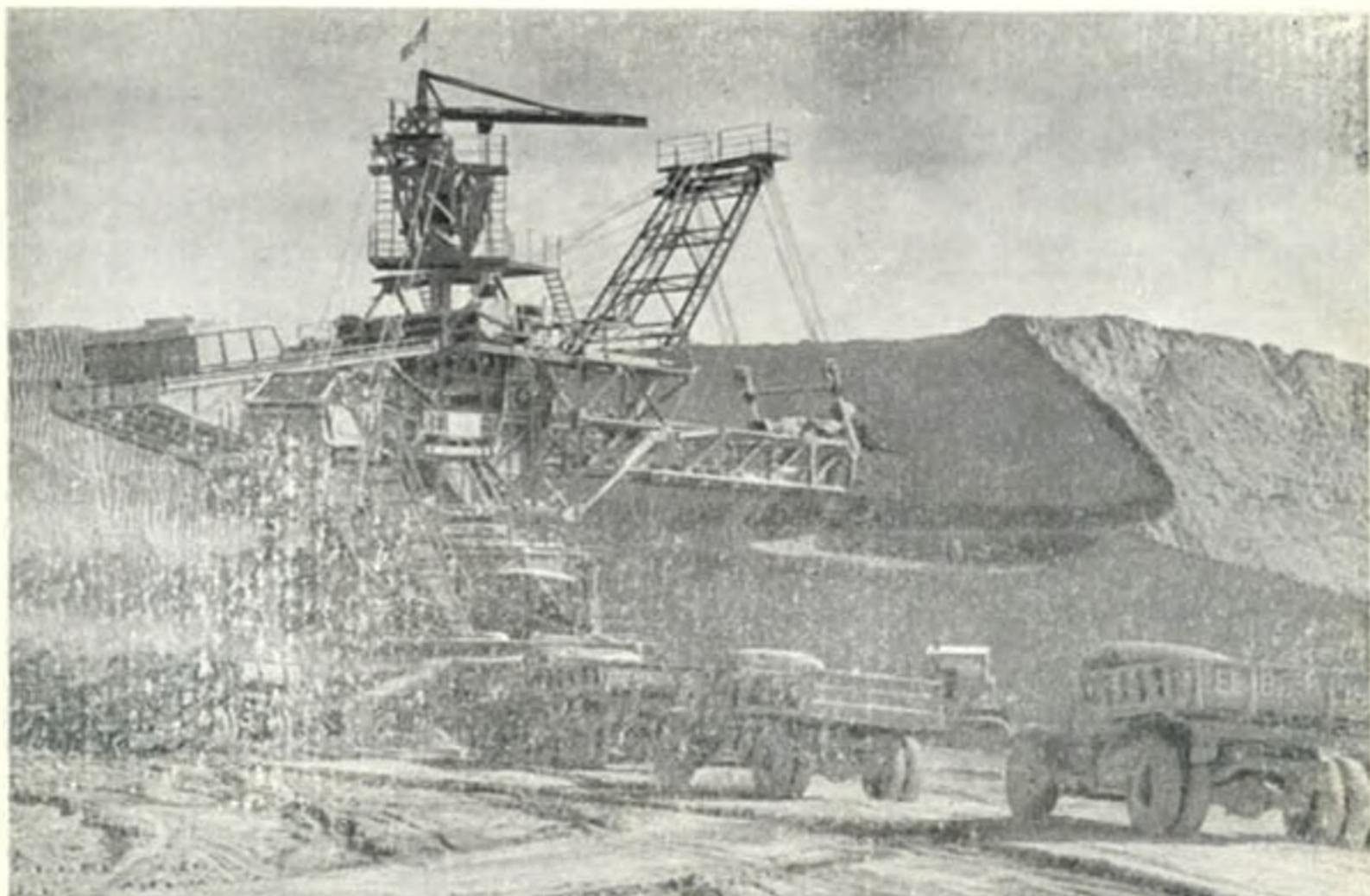
Согласно проекту первоначально скреперами и бульдозерами устраивались дамбы обвалования высотой по 1,0 м. Затем из системы водоснабжения, проложенной вдоль всей плотины на период строительства, подавалась вода в карты-чекки площадью по 1000—2000 м², поддерживался постоянный слой 80 см. После промачивания основания в воду бульдозеры отсыпали грунт, подвозимый автомашинами и скреперами. Строго следили за тем, чтобы вода постоянно отжималась, не создавались локальные участки грунта по-

вышенной влажности, которые представляют опасность с точки зрения неравномерной осадки, появления трещин и возможности выдавливания при нагрузках. После завершения отсыпки наружный неувлажненный слой («бахрома») срезался скреперами и использовался для отсыпки соседнего чека. Таким методом на плотине было отсыпано более 4 млн. м³ грунта.

Надежность плотин, возведенных указанным методом, проверена практикой эксплуатации. Почти полное отсутствие осадок в период эксплуатации доказывает, что все основные деформации плотины (подтверждено наблюдениями) произошли в период ее возведения.

Таким образом, можно считать, что для возведения плотины методом отсыпки грунта в воду пригодны почти все суглинистые грунты Средней Азии, за исключением грунтов с высоким числом пластичности и слабой способностью к водоотдаче. Кроме того, этот метод позволяет вести работы в условиях Средней Азии практически круглый год, независимо от погоды, тогда как, например, укатка насыпи в дождливую погоду невозможна.

Метод намыва. Намывные плотины из песков нашли широкое применение в республиках Средней Азии (Кайраккумская, Чардаринская, Сарыязинская, Копет-Дагская и др.).



Экскаватор на строительстве Южно-Сурханского водохранилища

Намывные сооружения из лессовых грунтов впервые в нашей стране появились в Средней Азии. Применение лессовых грунтов для возведения земляных намывных плотин ранее не практиковалось, так как считалось невозможным намывать плотину при отсутствии достаточного количества песчаных фракций.

Примером земляной намывной плотины из лессового грунта может служить плотина на канале Нижнее Бозсу (1951—1953 гг.). Она предназначена для создания подпора для Нижне-Бозсуфской ГЭС № 4. Длина плотины с береговыми дамбами — около 400 м. Высота русловой части 20,5 м. Она перекрывает извилистое русло Бозсу, верховой откос 4,5—4, низовой 4—4,5.

Намыв плотины производился в 2 яруса: первый подводный, второй надводный. Пульпа на плотину подавалась самотеком с правого берега, для этого был использован ирригационный распределитель, который позволил основное тело плотины намывать на высоту 17,0 м.

Верхняя часть плотины высотой 3,5 м возведена отсыпкой грунта в воду.

У искусственно намывного грунта (пульпы) влажность оказалась равной 21—27%, удельный вес — 2,67, объемный вес — 1,6 т/м³, предел пластичности — 18,5, предел текучести — 24,9, число пластичности — 6,4.

Средний угол внутреннего трения для грунта в естественном залегании — 18°, для пульпы при влажности 21—28% — 10°, соответственно сцепление 0,2 и 0,3 кг/см².

Способом намыва возведена плотина Южно-Сурханского водохранилища. После опытного намыва 300 тыс. м³ было принято решение вести двусторонний намыв на участке плотины 650 м с формированием ядра из отложений мелких фракций, имеющихся в гравелистом грунте. Грунт для намыва подавался 7 землесосными снарядами из руслового карьера, расположенного на расстоянии 500 м от оси плотины. Намыв велся безэстакадным способом.

Трубы пульповодов диаметром 250—400 мм укладывались непосредственно на верхний край намываемого откоса вдоль дамб обвалования. Была достигнута большая плотность намывного грунта, которая в наружных призмах колебалась от 1,64 до 2,07, а на участке

Схема Большого Андижанского канала

Основные технико-экономические показатели:

Протяженность трасса	109 км
Головной расход	200 м ³ /сек
Подомладная пашаля	1408 тыс. га
Сметная стоимость в цены 1969 г.	44.93 млн руб
Длина водосборных прорытий и водовентов, объединенных вдоль канала	183 км
Количество сооружений на водопе	137 шт.
в том числе:	
Узлы и перегородки, сооружения	14 шт.
Диски через р. Карадарья	1 шт.
Дишеры и азведун	47 шт.
Автомобильные мосты	41 шт.
Сооружения на водовентах и орос	313 шт.

Общие объемы основных видов работ

Земляные	29.8 млн. м ³
Бетонные	272 тыс. м ³
Металлоконструкции	0.6 тыс. т.

Типовое сечение головного участка канала



Бетон М-200
Q=200 м³/сек
Y=2.7 м/сек
I=0.001310.0006

Типовое сечение быстроточного участка канала



Бетон М-200
Q=200 м³/сек
Y=6.0 м/сек



- С-283 Бетонный завод производительностью 16 м³/час
- ⊕ С-543 Бетонный завод производительностью 15-30 м³/час
- ⊗ С-780 Бетонный завод производительностью 30 м³/час
- Гравийно-песчаные карьеры

Типовое поперечное сечение Пачкамарской плотины

Параметры плотины:

Высота	- 73 м
Длина по гребню	- 100 м
Ширина по гребню	- 16 м
Ширина по основанию	- 310 м
Напор	- 68 м

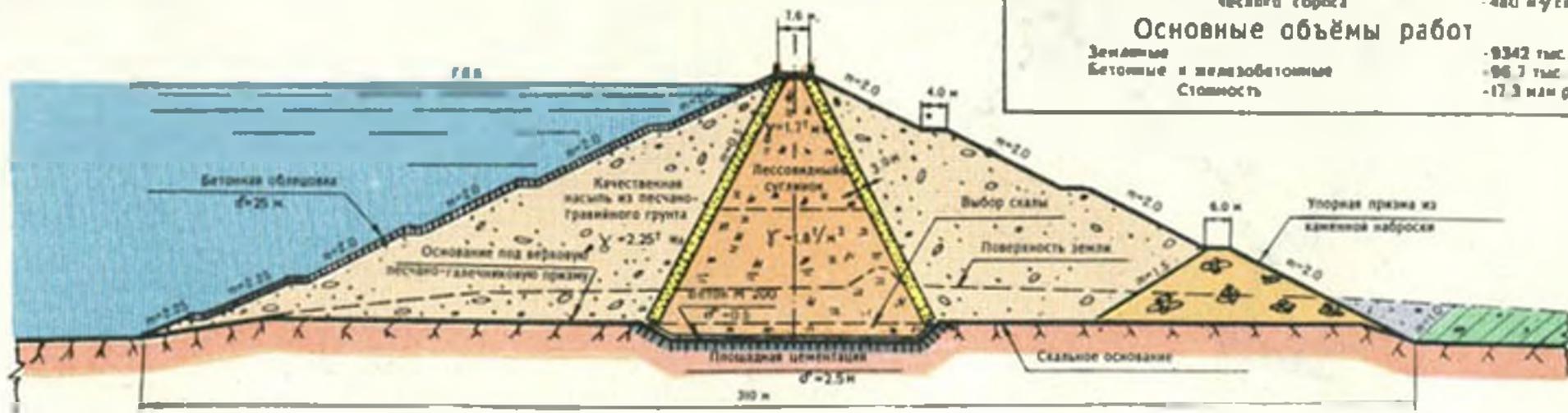
Основные показатели водохранилища:

Водохранилище повышает водообеспеченность
5000 га и дает возможность дополнительно
освоить 15000 га новой земли

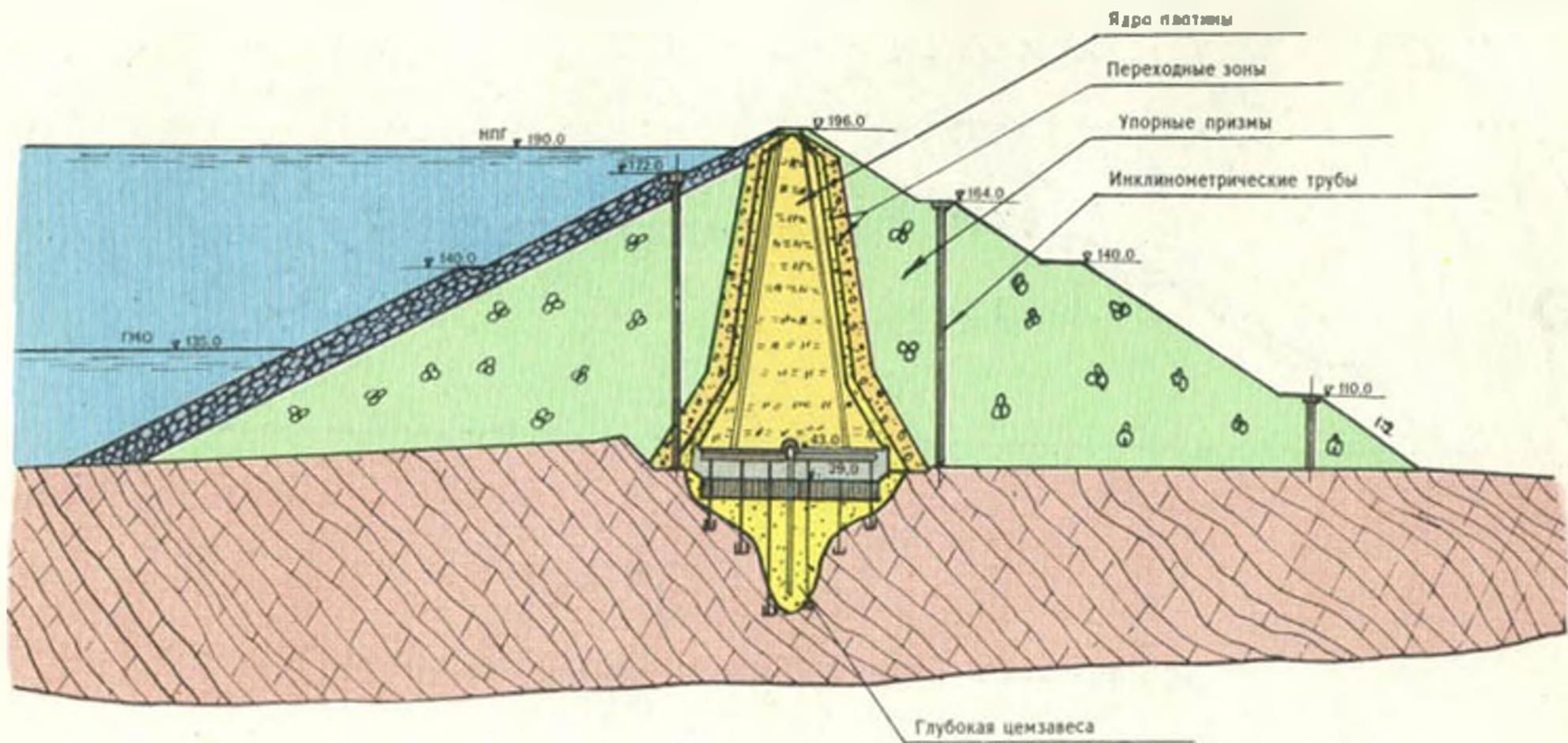
Емкость водохранилища	- 260 млн м ³
Площадь зеркала	- 13,8 кв км
Пропускная способность дождего водовыпуска	- 40 м ³ /сек
Пропускная способность катастрофи- ческого сброса	- 480 м ³ /сек

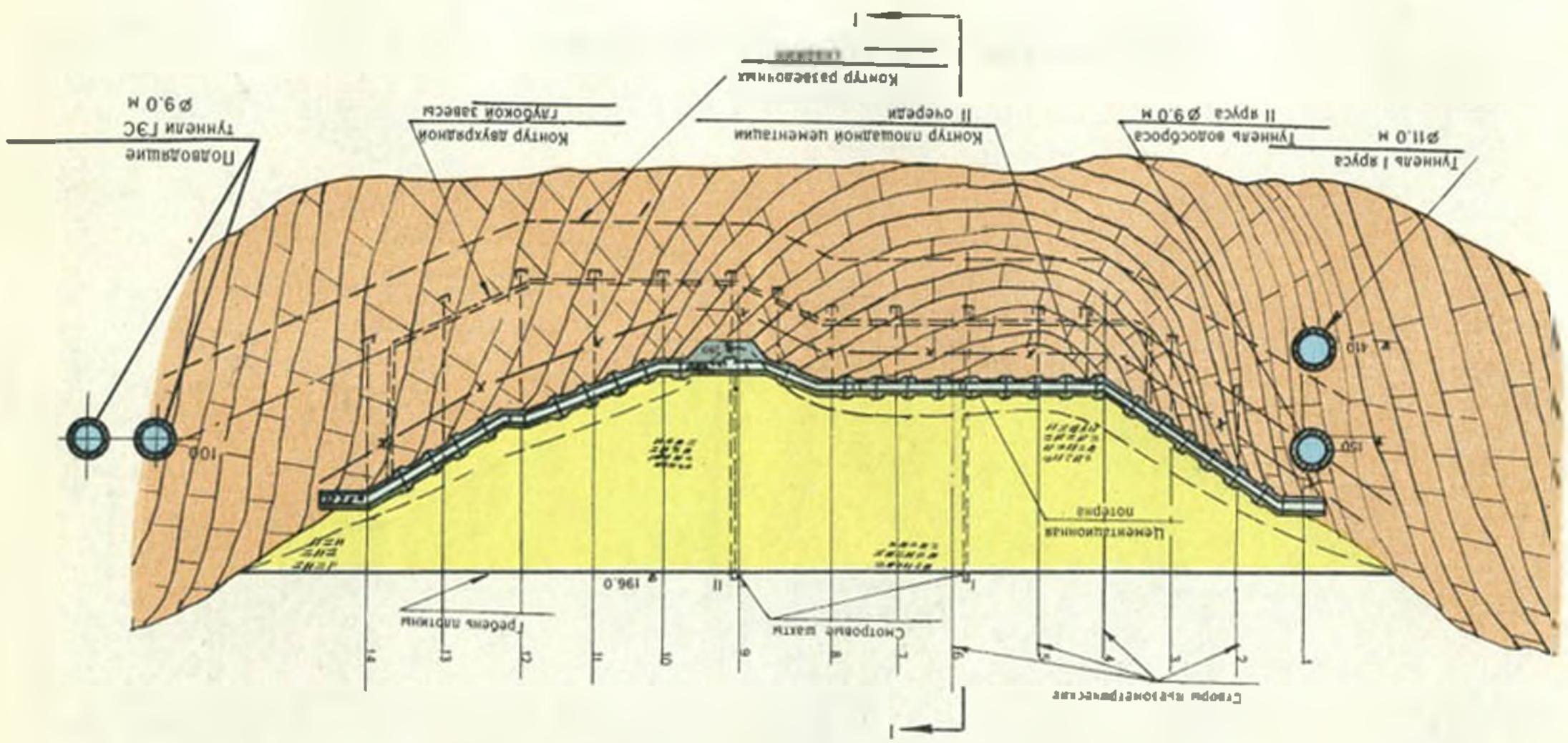
Основные объемы работ

Земляные	- 9342 тыс м ³
Бетонные и железобетонные	- 96,7 тыс м ³
Стоимость	- 17,3 млн руб

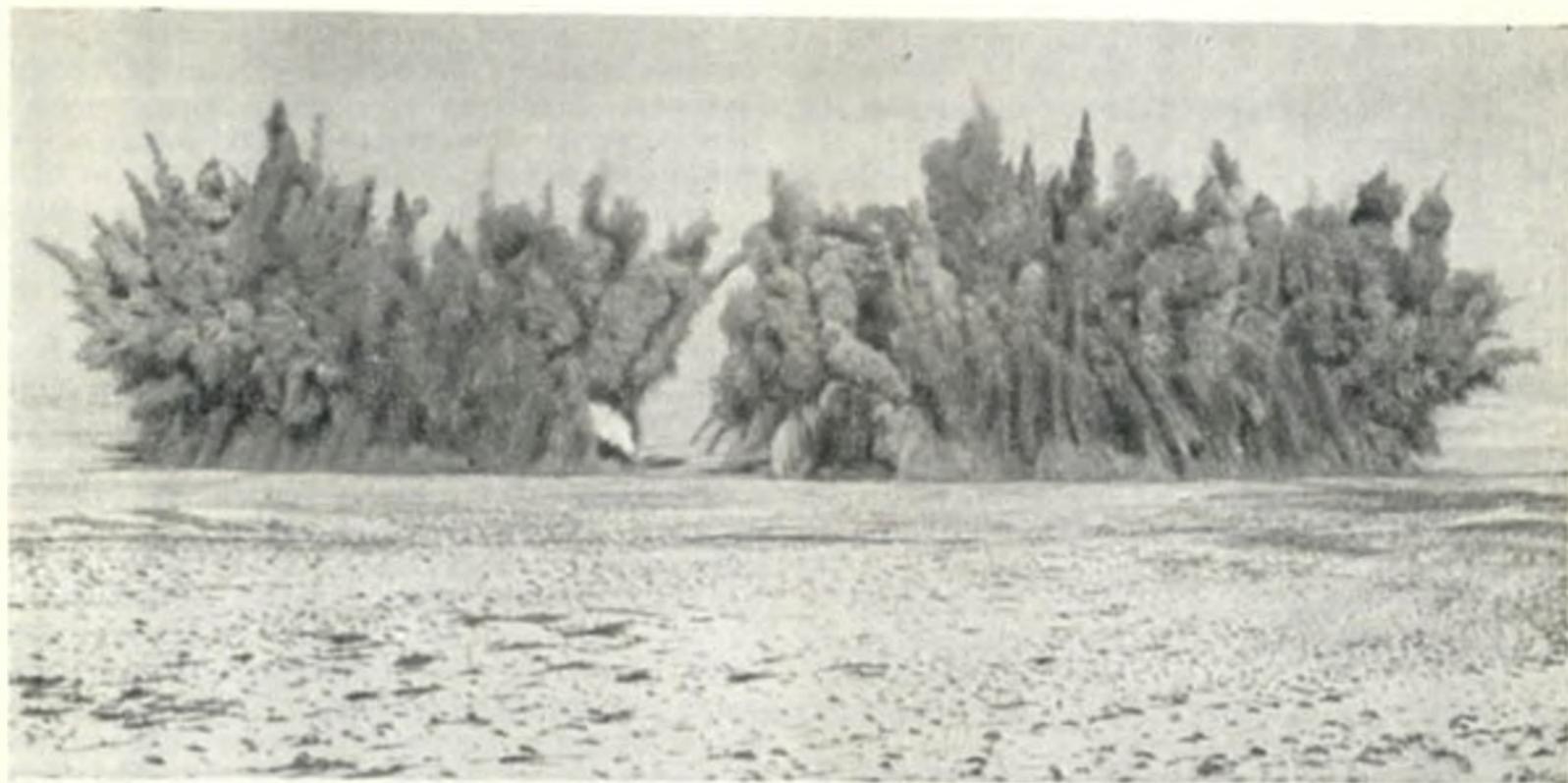


Поперечный разрез Чарвакской плотины





Продольный разрез по оси плотины Чарвакской ГЭС



Строительство канала взрывом.

ядра — от 1,59 до 1,86 т/м³. Однако коэффициент фильтрации оказался неудовлетворительным: в боковых призмах от 107 до 24,2 м/сутки, а около ядра от 46 до 7, поэтому двусторонний намыв был прекращен. Для уменьшения фильтрации в уже намывной части плотины была открыта траншея, в которую сухим способом уложен супесчаный грунт, создавший ядро плотины. В последующем плотина возводилась путем отсыпки ядра супесчаным грунтом и намыва боковых упорных призм песчано-гравийным грунтом.

Большой объем работ в 1961—1963 гг. методами гидромеханизации осуществлен на плотине Чимкурганского водохранилища, уложено около 1,9 млн. м³ суглинистых и мелкопесчаных грунтов.

Канал после намыва.



ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ В ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Наибольший объем работ взрывным способом (5,4 млн. м³) выполнен в 1963—1964 гг. на строительстве Аму-Бухарского канала, проходящего на всем протяжении (198 км) по пустынной местности. Взрывами на выброс построено 42 км канала, глубина выемки от 5 до 12,5 м, что составляет 25% общего объема работ по сооружению земляного русла.

Взрывные работы, выполненные этим методом, по масштабам и интенсивности строительства уникальны в практике строительства гидросооружений и в мировой практике взрывных работ.

При общем объеме выброса 5,41 млн. м³ грунта за 4 месяца взрывом пройдено 33 км скальных трасс Хамзинского участка канала.

При подготовке трассы песчаный покров срезался бульдозером ДТ-54, общий объем перемещенного грунта — 100 тыс. м³.

Пройдены шурфы сечением от 1 до 1,5 м²; глубиной от 8,5 до 16 м. Общее их количество — 2275, или 22,4 тыс. пог. м общим объемом 26,8 тыс. м³. Скальную часть шурфов проходили взрывным способом без крепления.

Общий объем зарядных камер 35,6 тыс. м³. Зарядка, забойка и монтаж взрывной сети производились по разработанному проекту с соблюдением мер безопасности.

С 15 октября 1963 г. по 23 июля 1964 г. произведено семь серий взрывов.

Общий фактический выброс составил 86,7% при проектном 85. Сроки строительства сокращены на 2 месяца. Опыт показал, что взрыв на выброс можно производить при условии высокого стояния грунтовых вод и (экономически оправдано) при глубине канала в скальных грунтах свыше 8 м.

На Ульяновском канале в Каршинской степи в 1972—1973 гг. выполнены работы в объеме 4,7 млн. м³. Необходимо было пройти взрывом сечение канала в глинах (загипсованных) и суглинках. Работы по технологии аналогичны проведенным на Аму-Бухарском канале.

Значительные объемы работ выполнены и на других объектах Узбекистана: в 1972 г. на канале Амузунг взорвано 2,3 млн. м³ суглинков, глин и песчаников, в 1973—1974 гг. на канале Аккангалай 1,7.

Метод взрыва используется также при устройстве оснований сооружений в скальных грунтах. Как правило, предварительно основная масса грунта рыхлится скважинными зарядами, а оставляемый защитный слой толщиной 1—1,5 м — мелкошпуровыми зарядами. Защитный слой оставляется для предотвращения нарушения коренных пород в основании. Для закладки патронированных зарядов обычно бурят скважины станками БМК-4, БМК-5 или ударно-вращательного бурения. Таким методом проводились работы, например, на Пачкамарском водохранилище.

Для ведения работ взрывным способом в Главвердазирсовхозстрое организован специализированный трест «Средазспецстрой», который развернул большие работы в Каршинской и Голодной степях.

Практика гидротехнического строительства обогатилась новым прогрессивным методом возведения насыпей — направленным взрывом. Он наиболее эффективен при возведении плотин в узких каньонах горных рек. В труднодоступных малонаселенных горных районах, где резко осложнены обычные методы строительства, особенно разработка и доставка строительных материалов, метод направленных взрывов значительно упрощает строительство. Объединяя в себе рыхление скального массива, перемещение горной массы в заданные контуры и уплотнение, направленный взрыв позволяет отказаться от разработки сложных карьеров горных пород и исключает перевозку извне больших объемов материалов.

Направленный взрыв резко облегчает строительство остальных объектов гидроузла,

поскольку к ним можно проложить дороги по навалу сброшенной взрывом породы, соединяющему борта каньона. В пологом навале они могут быть проведены практически к любой точке склона.

Опыт возведения направленным взрывом перемычек на Бозсуйских, Хишраукском и Нурекской ГЭС, плотины Касянеанского водохранилища, Андиганской ГЭС свидетельствует о высокой надежности плотин, образованных из каменных навалов. Как правило, материал таких плотин характеризуется высокими значениями плотности (2,1—2,3 т/м³), обуславливающей незначительные усадки, фильтрационную и суффозионную устойчивость. Величина коэффициента фильтрации в теле навала, по данным Казгидропроекта и Гипроводхоза, не превышает 100 м/сутки. Эти свойства гарантируют возможность использования образованных взрывом скальных навалов в качестве упорных призм, являющихся надежным основанием для экранов при сооружении плотин средней и большой высоты (более 100 м) и непосредственно в качестве плотин при низких напорах (например, на Байпазинском гидроузле, где $H=60$ м).

Опыт строительства гидроузлов с плотинами, образованными взрывом, свидетельствует о том, что этот метод позволяет существенно сократить трудовые затраты, повысить производительность труда, достичь существенного роста его эффективности при общем снижении капиталовложений, сократить сроки строительства.

В Среднеазнатском отделении Гидропроекта разрабатывается ряд проектов крупных гидроузлов на горных реках с плотинами, возводимыми взрывом.

При проектировании определены основные требования к компоновке гидроузла, его конструкции и схемам организации строительства.

Исследования свидетельствуют о том, что экономичность гидроузла с плотинной, возведенной взрывом, растет с увеличением высоты плотины и удельного веса ее стоимости в общей стоимости гидроузла. При значительной высоте сумма экономии может достигать миллионов рублей, значительно сокращаются и сроки строительства.

Метод гидромеханизации. В условиях водонасыщенных грунтов он дает высокий экономический эффект. Гидромеханизация широко используется при строительстве каналов, их очистке, на русловыпрямительных работах, при возведении плотин, дамб и др. Общий объем работ этим методом превышает 40,0 млн. м³ в год (только специализированные организации Минводхоза УзССР). Бо-

лее 880 тыс. м³ выполнено земснарядами на строительстве Тюямуюнского подпитывающего канала, 1917 тыс. м³ на строительстве первой очереди Аму-Бухарского канала, более 200 тыс. м³ на строительстве канала к Абдусаматской насосной станции.

Огромные объемы работ — более 10 млн. м³ ежегодно — выполняются по очистке каналов и коллекторов. Очистку крупных каналов и отстойников в Амударьинской системе (Бухарская, Хорезмская области и КК АССР) производили землесосы 4-ПЗУ, 6-ПЗУ, 8-ПЗУ, 12-ПЗУ, ДЭР-250. Очистные работы всех видов по межхозяйственной сети и частично по внутрихозяйственной осуществляют строительные организации Минводхоза УзССР, в незначительном объеме — Узглавводстроя.

Ярким примером использования гидромеханизации при устройстве каналов может служить Шерабадский канал в Сурхандарьинской области, где средствами гидромеханизации выполнен объем около 7 млн. м³.

Канал разрабатывался гидромониторными устаковками одновременно в нескольких местах по трассе. Размытый грунт в виде пульпы стекал в пониженные места (сан). Когда нельзя было сбрасывать пульпу самотеком, применяли передвижные землесосные установки 8мЗ и ЗГМ-1, которые устанавливали в зумпфах на оси канала. Вода для гидромониторов подавалась плавучими насосными станциями из водоемов, расположенных вдоль трассы канала. В глубоких выемках разработка велась ярусами высотой 10—12 м. Одновременно с разработкой основного сечения канала те же гидромониторы доводили откосы канала до проектного заложения повторной проходкой встречным забоем.

На некоторых участках в нижних ярусах из-за заглинистости и плотности грунт размыту не поддавался, поэтому предприняли комбинированную разработку. Сечение канала разрабатывали экскаваторами с ковшем 2 м³. Грунт подавался автотранспортом на гидромониторный забой, где он размывался и стекал в зумпф. Из зумпфа насосными установками пульпа транспортировалась за пределы трассы. Этим комбинированным способом была достигнута экономия при разработке грунта по сравнению с перевозкой автотранспортом.

Интересен опыт гидромониторных работ при подготовке скального основания для плотины Чарвакского водохранилища. Взрыванный скальный грунт с откосов плотины при подготовке основания под отсыпку суглинки практически нельзя было убрать меха-

низмами без выполнения большого объема подъездных дорог по ярусам разработки. Использование гидромониторов с давлением 16—18 атм позволило без подготовительных работ смыть взорванный камень на нижние отметки, откуда его убрали автотранспортом с помощью экскаваторов.

Данный способ приемлем и экономичен при опережающем фронте работ по расчистке основания ввиду сложности отвода пульпы и необходимости вести дальнейшую расчистку экскаватором.

Наряду с ММВХ УзССР большой объем намывных и гидромониторных работ (14—15 млн. м³ в год) выполняют два специализированных управления — Среднеазиатское СУ Всесоюзного треста «Гидромеханизация» Минэнерго СССР и СУ треста «Трансгидромеханизация» Минтрансстроя СССР, оснащенные современными электрическими и дизельными земснарядами, ведущими разработку и транспортировку грунта от 1-ой до 8-ой группы. Общая производительность их земснарядов — 98 тыс. м³/час, в том числе электрических 88 тыс. м³/час.

Разнообразие грунтовых условий привело к интенсивному совершенствованию технологии основного оборудования. В тесном содружестве с научными учреждениями (Калининский политехнический институт, МИИТ, ВЗНСИ, ЦНИИС, СИБНИИС, ВНИИскеруд), заводами, выпускающими оборудование гидромеханизации (Рыбинский, Челябинский, Цимлянский, Тваленинский) разработаны и широко применяются в Узбекистане новые землесосные снаряды типа 350-50Л, 350-50Т, 200-50, 300-40М, новые высокопроизводительные фрезы для рыхления связных грунтов конструкции КПИ и СИБЦНИИСа, виброрыхлители ВНИИскеруда, новые землесосы 20Р—11МР 20Р-11КУ с модернизированным уплотнением конструкции МИИТ. Применение фрез конструкции КПИ и СИБЦНИИСа на земснаряде 350-50Т на строительстве Тахташского гидроузла позволило разработать полускальные грунты в правобережном отстойнике.

Основное технологическое достижение в гидротехническом строительстве Средней Азии — намыв плотин из мелких песков, ранее не применявшийся для таких важных сооружений. Примером могут служить плотины Кайраккумского, Чардарьинского, Южно-Сурхайского и Чимкурганского водохранилищ.

Общий объем работ, выполненных средствами гидромеханизации, за период 1961—1975 г. характеризуется следующими данными:

Объект	Вид работ	Исполнитель	Общий объем*, млн. м ³
Чардарьинский гидроузел	Намыв плотины	Среднеазиатское строуправление	9,2
Центральный, Южный, Голдностепские каналы, Каршинский магистральный канал	Выемка	И трест "Гидромеханизация"	26,9
Каршинский канал	Очистка	Он же	8,1
Тахиаташский гидроузел	Выемка подводящего, отводящего русла, котлована, шпильной плотины, отстойника	Он же	19,1
Тюямуюнский гидроузел	Выемка котлована шлюза, намыв дамбы № 1		75,5
Чиназский, Ташкентский карьеры Главсредазирсовхоза	Добыча гравийно-песчаной смеси		32,3
Шерабадский, Аму-Бухарский, Тюямуюнский подпитывающий, Наманганский канал	Выемка	СУ-482 "Трансгидромеханизация"	17,6
Южно-Сурханское и Чимкентское водохранилища	Намыв плотины		7,8
Бекабадский карьер Главсредазирсовхоза и Куюмвзарский карьер Минстроя УзССР	Добыча гравийно-песчаной смеси		10,0
Итого			129,9

* Гидромеханизированные земляные работы.

Накопленный опыт позволил внедрить и значительно расширить применение землесосов для борьбы с дейгишем на Амударье путем устройства спрямляющих прорезей, в которые переключается русло реки, тем самым снижается интенсивность дейгиширования. В течение 1967—1974 гг. выполнено несколько таких прорезей объемом до 5 млн. м³ на участке Ташсака — Пахта-арна — Алибадин. Это предотвратило возможное затопление значительных площадей орошаемых земель в Хорезме и КК АССР.

По сравнению с различными видами крепления берегов Амударьи при образовании дейгиша устройство самоспрямляющих прорезей с помощью мощных землесосов оказалось наиболее эффективным и вошло в практику борьбы с разрушительными действиями дейгиша.

Бетонные работы

Объемы бетонных и железобетонных работ в водохозяйственном строительстве постоянно растут, что обусловлено техническим прогрессом в строительстве.

О росте объема бетонных и железобетонных работ с 1961 по 1975 гг., выполненных крупнейшими водохозяйственными строительными организациями Узбекистана, можно судить по следующим данным, тыс. м³:

Год	Общий объем	Выполнено		
		Главсредазирсовхоз-строем	Узглавводстроем	ММиВХ УзССР

Укладка бетона и железобетона

1960	191	1		190
1965	919	229	290	400
1970	1601	321	640	640
1975	3636	513	1000	1523

Монтаж бетонных и железобетонных конструкций

1960	24,5	0,5		24,0
1965	738	408	130	200
1970	1928	438	220	270
1975	2620	1452	630	538,0

На некоторых крупных водохранилищах объемы бетонных работ превышают сотни тысяч кубометров. На Аму-Бухарском канале уложено более 400 тыс. м³ бетона, Каршинском магистральном канале — 158, Большом Андижанском канале — 280, на Андижанской плотине — 3,8 млн. м³, Тюямуюнской плотине — 1,2 млн. м³.

Значительный удельный объем бетонных и железобетонных работ выполнен на Большом Андижанском канале (1966—1970 гг.). Это потребовало от проектировщиков (Узгипроводхоз) и строителей (Узглавводстрой) серьезного подхода к выбору конструкций для обеспечения максимально возможного снижения их стоимости, рациональной организации строительства и повышения механизации бетонных и железобетонных работ.

Была организована добыча заполнителей из местных карьеров. Это позволило сократить (против проекта) среднюю дальность перевозки в 4 раза (до 25 км) и полностью обеспечить строителей материалами.

Было построено 6 промежуточных прирельсовых баз с временными складами цемента емкостью по 1000 т каждый.

Разработана рациональная схема перевозки строительных материалов и цемента к бетонным заводам, а также транспортировки товарного бетона от заводов к месту уклад-



Передвижная опалубка на канале.

ки. Учитывалась необходимость в резервных дорогах для подачи бетона со смежных участков. Своевременное создание коммуникаций, закольцованность дорог, прямая связь участков канала с бетонными заводами, а заводов с карьерами обеспечили успех в производстве работ.

По трассе канала было установлено 15 бетонных заводов, в том числе типа С-283-2, С-543-12 и С-780-1, производительность от 8 до 30 м³/час, а для малых объемов использовались промышленные бетономешалки емкостью до 500 л. Максимальное удаление бетонных заводов от трассы канала не превышало 2 км, а дальность возки 10 км. Каждый завод имел минимально необходимый комплекс сооружений: механизированные склады инертных материалов и цемента, насосные установки для подачи воды, энергоустановки, арматурные и опалубочные мастерские, жилые помещения. Приготовление бетона и раствора было полностью механизировано.

В целях максимальной индустриализации и механизации опалубочных работ и широкого применения унифицированной инвентарной катучей опалубки крупнейшие сооружения на Большом Андиганском канале — дюкеры — были запроектированы сечением 3,1 ×

× 4,3 м, а более мелкие 2 × 2 и 2,5 × 2,5 м отличались между собой только длиной и количеством очков.

Кружала, обшивка и тележки секций катучей опалубки изготавливались из дерева и металла на промышленных предприятиях Узглавводстроя, а на стройплощадках производился только их монтаж. Для вертикальных стенок полигонального сечения быстротока высотой 2,6 м и общей длиной 26,8 км была подготовлена 41 секция металлической катучей опалубки длиной до 20 м каждая, общим весом около 100 т. Средняя оборачиваемость опалубки за 8 месяцев строительства составила 35 раз, в летний период лучшие бригады обеспечивали полный цикл работ в один оборот за сутки. Использование инвентарной катучей опалубки позволило достичь исключительно высокого качества бетонирования (рис. 86).

При сооружении стенок, консолей и других конструкций на Большом Андиганском канале применялась, кроме катучей, инвентарная шитовая опалубка размером от 4 до 10 м², устанавливаемая без применения ручного труда. В честных опалубочных мастерских готовилась в основном только доборная опалубка, шпы и индивидуальные конструкции.

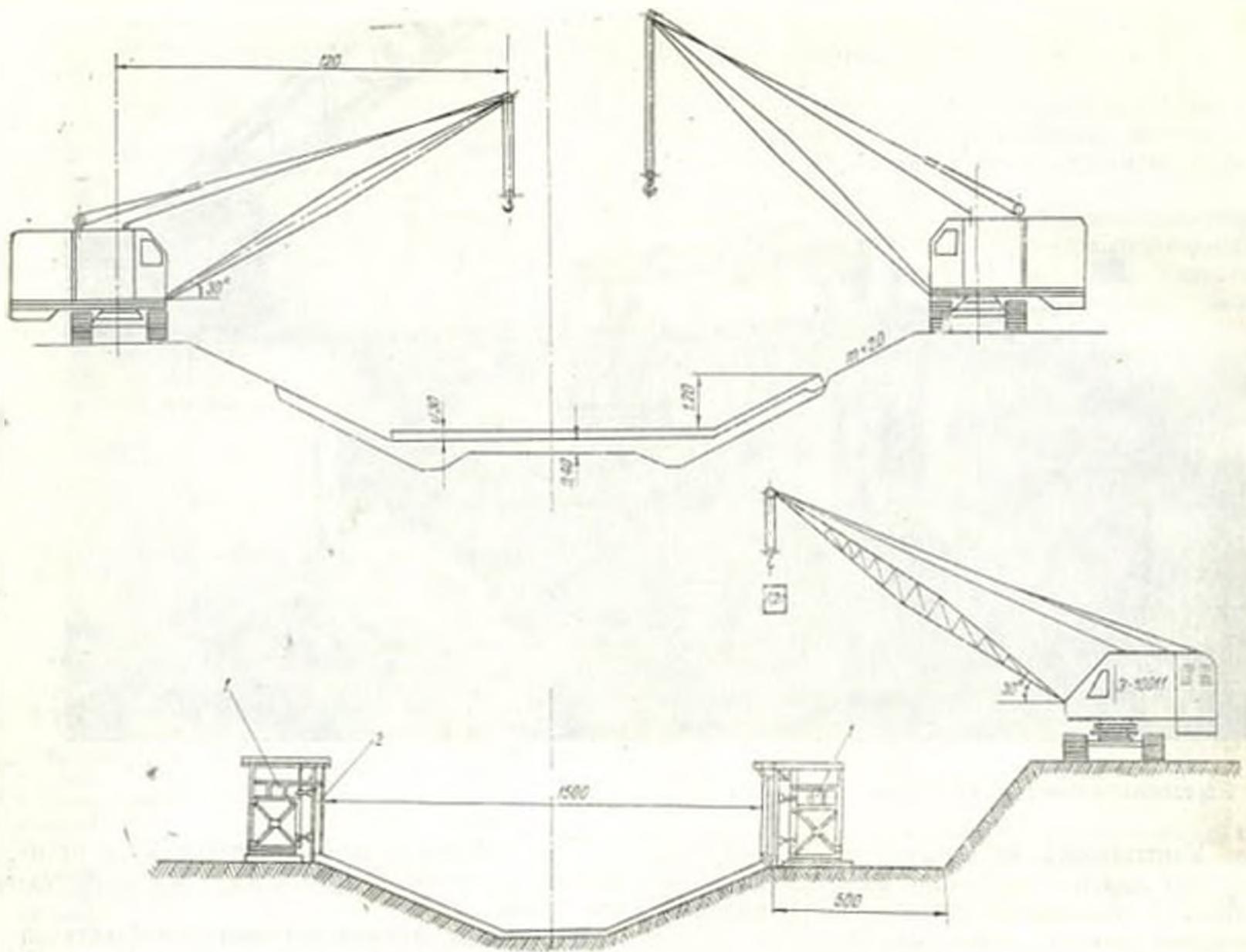


Рис. 86 Схема укладки экскаватором-краном Э-10011 бетона с ГК 66+00 до ГК 200+00 в катучую опалубку (1) стенок БАК (2 — вторая очередь бетонирования).

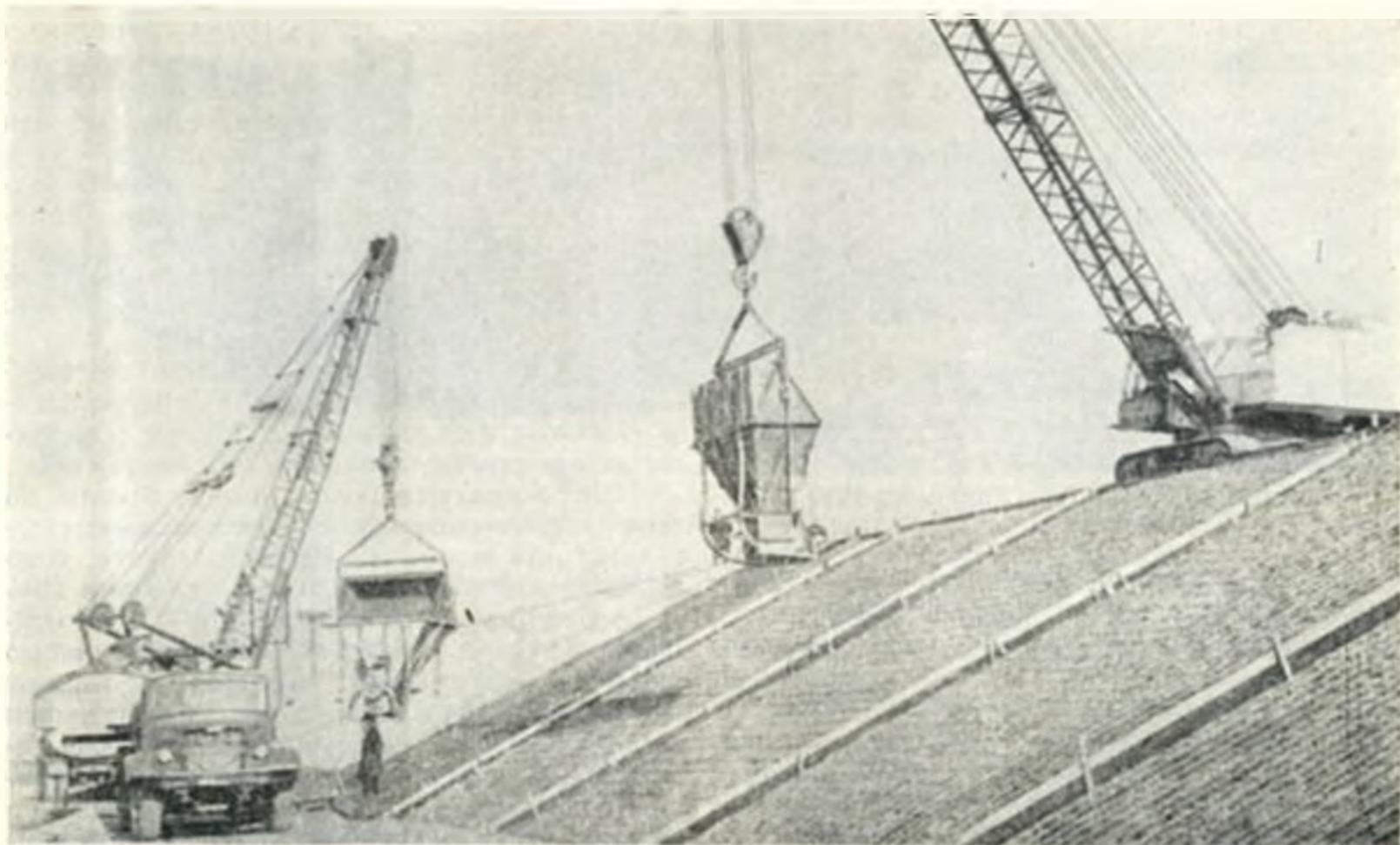
Для монолитных железобетонных конструкций канала потребовалось свыше 10000 т арматурной стали. Значительная насыщенность арматурой крупных перегораживающих сооружений и дюкеров, а также двойная арматура полигональной части быстроготока вызвали необходимость индустриализации изготовления и установки арматуры. В этих целях применялись каркасы, которые могли готовиться вне строительной площадки, а на ней только устанавливаться и стыковаться. Каркасы изготавливались многими промышленными предприятиями Андижанской, Наманганской и Ферганской областей. Готовые каркасы весом от 0,5 до 10 т и более специальными автомашинными и трайлерами доставлялись в зону действия подъемных кранов для установки и монтажа по заранее разработанной технологической схеме.

Широко применялся метод, при котором арматурные каркасы возводились с легких

подмостей и кружал, а затем в них заводилась катучая опалубка. Этим создавалась независимость выполнения арматурных, опалубочных и бетонных работ.

Половина объема бетона и железобетона на Большом Андижанском канале (144,3 т. м³) пришлась на облицовку быстроготока. Для форсирования работ на этом объекте, требовавших больших трудовых затрат, директивными органами было принято решение привлечь все властные организации, в том числе и колхозы Андижанской, Наманганской и Ферганской областей. За этими организациями были закреплены участки быстроготока, приданы технические средства, распределены рабочие и колхозники, которые выполняли земляные, подготовительные, опалубочные, арматурные и бетонные работы.

В 1968 г. уложено 196,2 тыс. м³ бетона; такого количества и в такие сжатые сроки ни



Укладка бетона на БАКе.

на одном объекте ирригационного строительства в Узбекистане ранее не укладывалось. На каждом километре быстротока была создана комплексная бригада собственно на лотке и одна бригада на строительстве сооружений. Каждая бригада имела гусеничный кран на базе экскаваторов Э-100П или УБ-162. Бадьи камского типа емкостью 1,5—3 м³. Эти механизмы обеспечивали монтаж опалубки и арматуры, а также укладку бетона в блоки.

Уплотнение бетона велось площадочными и глубинными вибраторами.

На каждое сооружение с объемом железобетонных работ свыше 1000 м³ был составлен проект производства работ. Крупнейшие сооружения, например, Хакулабадский вододельитель, головное сооружение, ПК 66+48, дюкер под р. Карадарьей, строились по специально разработанным сетевым графикам. Правильная организация дала возможность обеспечить полную комплексную механизацию бетонных и железобетонных работ на канале, сократить сроки строительства и удешевить его.

Бетонные работы на плотине Анджижанского водохранилища являются уникальными по всем объемам и характеру. Для сооружений нужен был бетон марки 200-250, МРЗ 200-150

с наибольшей крупностью гравия 120 мм осадкой конуса 2—3 см. Для получения такого бетона использовался специальный цемент марки АПЦ (анджижанский портландцемент, изготовляемый Кувасайским цементным заводом), разновидность гидрофобного портландцемента с умеренной экзотермией и пониженным содержанием щелочей.

Большие объемы бетонных работ на сооружении обусловили необходимость составления проекта организации всего строительства и проекта производства работ. В непосредственной близости от нижнего бьефа плотины расположено бетоно-гравийное хозяйство по типу примененного на Асуанской плотине, но в значительной степени модернизированного. Его мощность по выработке гравия и щебня 4 фракций — 1087 тыс. м³ в год, по выпуску песка 513 тыс. м³, по выпуску бетона около 1 млн. м³ в год.

Песчано-гравийная смесь добывалась из карьера в пойме р. Карадарьи ниже створа плотины и доставлялась на установку первичного дробления автомашинами МАЗ-503 или КРАЗ-256 в среднем на расстояние 2 км. Раздробленные, промытые и рассортированные инертные материалы поступали на склады, оборудованные штабелеукладчиком и регист-

рами для нагревания заполнителей бетона в морозный период.

Для охлаждения сооружены аммиачные установки. Со складов через узлы переосыпки по конвейерным линиям фракционированные материалы поступали на бетонный завод с пиковой производительностью до 3 тыс. м³ бетона в сутки.

Завод полностью автоматизирован, имеет 8 бетономешалок емкостью по 1200 л каждая с весовой дозировкой инертных материалов, цемента и воды. Он способен выпускать бетон заданной температуры. Помимо него, работали два завода С-243 с двумя бетономешалками по 1200 л.

Цемент поступал на прирельсовую базу Ханабад и цементовозами на расстояние до 10 км доставлялся на автоматизированные склады емкостью 720 и 4000 т, откуда по пневмопроводам подавался на бетонный завод. Техническая вода из двухкамерного отстойника поступала на насосную станцию и затем в дозировочное устройство бетонного завода. Готовая бетонная смесь автотранспортом доставлялась в блоки по ярусным отметкам на правом и левом бортах плотины.

Подача бетона в блоки производилась автотранспортом или башенными кранами КБГС-450 (максимальный вылет 40 м, грузоподъемность 25 т). Проектом предусмотрена послойная укладка бетона, толщина слоя от 60 до 75 см в шахтах-тепьяках, дающих возможность вести работы в зимний период и создающих оптимальные температурные условия летом. Проработка бетона велась вибропакетами, площадными и глубинными вибраторами. Опалубка инвентарная металлическая. Размер щитов от 5 до 25 м².

В значительном объеме применены вместо опалубки облицовочные железобетонные плиты, изготавливаемые на полигоне сборного железобетона, построенного на территории бетонно-гравийного хозяйства. Мощность полигона 20 тыс. м³ плит в год.

Для охлаждения бетона в блоки закладывалась система труб, по которым прогонялась холодная вода. Ввиду сложности возведения и необходимости постоянного контроля и наблюдения в период строительства и эксплуатации установлена контрольно-измерительная аппаратура.

Водоотлив

При строительстве гидротехнических сооружений (насосные станции, плотины, водозаборы) зачастую приходится основание соору-

жения закладывать ниже уровня грунтовых и поверхностных вод. В этом случае ведут водоопускательные работы с помощью поверхностного водоотлива или устройства скважин водоопускания вокруг котлована.

На Пачкамарском водохранилище разработка котлована осуществлялась при помощи поверхностного водоотлива путем устройства водоопускательных зумпфов и наиболее низких местях котлована. Для этого применялись дизельные насосы типа НФ.

При строительстве крупнейшего шестичкокового люкера на расход до 200 м³/с Большого Андиканского канала под руслом р. Карадарь применены скважины водоопускания.

При сооружении люкера в одну очередь на левой затопляемой части поймы построена ограничительная дамба из местного грунта. Котлован занимал 1,2 га и имел глубину 10—11 м. Первые 6 м от поверхности — мелкозернистые пески, ниже — гравий с примесью песка. Грунтовые воды залегают на 1 м от поверхности. Попытки разработать котлован землесосами положительного эффекта не дали. Было решено осушить котлован глубинным водоотливом. Заложено 36 скважин на глубину 40 м с обсадной трубой диаметром 426 мм, длиной фильтровой части 20 м и скважностью 15%.

Расположение скважин и их дебит были рассчитаны по методу ЭГДА. Расстояние между ними составляло от 15 до 30 м. Скважины оборудовались насосами марки ЭЦНВ-12-255-30 Омского завода. Энергоснабжение обеспечивалось по специальной линии электропередачи. Резерв составляли 6 передвижных электростанций У-14 общей мощностью 1500 квт. Сброс воды от скважины осуществлялся по металлическим и асбоцементным трубам в русло р. Карадарь, общим расходом 2100 л/с.

В процессе разработки котлована оказалось, что глубинный водоотлив не обеспечивает понижения грунтовых вод до проектной отметки, поэтому пришлось организовать дополнительно поверхностный водоотлив на расход 1 м³/сек. Установлено 5 насосов марки 12НДС и 2 ПГ-35М с двойной перекачкой. В основании котлована был заложен закрытый горизонтальный дренаж из железобетонных и асбоцементных труб диаметром от 0,5 до 1 м, работа которого обеспечила нормальную укладку железобетона.

Под защитой водоотлива была организована круглосуточная разработка котлована экскаваторами Э-652, Э-1252 и УБ-162 с погрузкой на автосамосвалы ММЗ-55, МАЗ-503 и КРАЗ-256 с отвозкой грунта на расстояние



Сооружение шестичкового дюкера на БАКе.

до 1 км. За два месяца котлован объемом 1200 т. м³ был разработан.

Аналогичным образом выполнялось водопонижение насосной станции № 1 Джизакского массива. Водопонижение осуществлено 12 скважинами вертикального дренажа по периметру котлована.

Цементационные, гидронизоляционные и свайные работы

При строительстве современных крупных водохранилищ, гидроузлов, каналов и других гидротехнических сооружений, как правило, приходится выполнять ряд специальных работ: искусственное закрепление грунтов в целях повышения их водонепроницаемости, устройство гидронизоляции, создание искусственных оснований или их закрепление, свайные и шпунтовые работы, возведение массивных сооружений на слабых грунтах и т. п.

Значительные объемы цементационных и гидронизоляционных работ произведены на строительстве плотин Пачкамарского и Чарвакского водохранилищ.

На Пачкамарской плотине было сделано сплошное цементное основание под ядро плотины и в примыкании к бортам на глубину 2,5—3,0 м, чтобы ликвидировать трещиноватость скального основания и уменьшить фильтрацию. Предварительно укладывался слой бетона толщиной от 0,6 до 1,0 м, бурились скважины и в них нагнетался до отказа тампонажный раствор.

На плотине Чарвакского водохранилища цементационные работы проводились в несколько этапов. На первом этапе шло укрепление трещиноватого основания и бортов путем бурения скважин глубиной до 8 м с сеткой 2, 4, 6 м (площадка цементная), цемент-

ный раствор нагнетался в несколько приемов до отказа. Давление подбиралось по данным цементации опытных участков и проекту производства работ в пределах до 4 атм.

Второй этап заключался в создании двухрядной глубиной противофильтрационной завесы, достигающей 100—120 м, имеющей веерообразное (в поперечном сечении) расположение цементационных скважин для укрепления основания и повышения противофильтрационных свойств контакта основания и заполнения трещин, каверн и карстовых полостей, характерных для данного геологического створа. Глубина веерообразных скважин достигала 20—25 м. Шаг скважин глубиной завесы и наклонных скважин, расположенных в одном поперечном створе, составлял 2,9 м. Цементация велась нисходящим способом, давление достигало 25 атм. Расход цемента в среднем составлял 300 кг на 1 пог. м, достигая нескольких тонн. Общий объем бурения превысил 80000 м.

Созданная цементационная завеса из потерны, проходящей в основании плотины по продольной оси, оснащена контрольно-измерительной аппаратурой, обеспечивающей достаточную информацию о состоянии гашения напора на цементационной завесе. Это позволяет судить о необходимости проведения дополнительных цементационных мероприятий при эксплуатации сооружения.

Значительные объемы цементационных работ выполняются при возведении бетонной контрфорсной плотины Андиганского водохранилища. По проекту предусматривалась сплошная цементация основания и цементационная завеса под зубом плотины на глубину 50 м.

Для механизации гидронизоляционных работ на плотине запроектировано самостоятель-

ное хозяйство, оснащенное специальным оборудованием и инвентарем.

Большие объемы гидронизоляционных работ выполнены на каналах Занг в Сурхандарьинской области, Большом Андижанском в Ферганской долине. Гидронизоляция двухочковой железобетонной трубы сечением 4,3×3,1 каждого очка производилась снаружи трубы и выполнялась путем тщательной подготовки изолируемой поверхности выравниванием и огрунтованием с последующим нанесением (механизированным способом) битумной мастики по заданному рецепту.

Особо тщательно проводились гидронизоляционные работы при облицовке оросителей на засоленных землях, а также при осуществлении температурных и осадочных швов. Только при этих условиях обеспечивалась высокая производительность труда и качество работ.

Свайные и шпунтовые работы в больших объемах производились при строительстве консольных перепадов и сбросов, железобетонных мостов, водозаборов, служебных мостков, акведуков и других сооружений на законченных и строящихся объектах: на Большом Андижанском и Наманганском каналах,

Ачикульском коллекторе, при освоении новых земель в Шерабадской и Голодной степи, в Хорезмской, Ташкентской и других областях. Железобетонные сваи сечением 30×30 или 30×35 (значительно реже металлические трубы) забиваются на глубину от 6 до 24 м башами с применением копров, дизельмолотами или погружаются вибропогружателями. Применяются способы погружения свай подмывом, предварительным бурением или без него. Способ зависит от конкретных гидрогеологических условий погружения свай.

Шпунтовые ограждения применены при устройстве дренажа Чимкурганского водохранилища, строительстве железнодорожного моста Ачикульского коллектора в Ферганской долине, Зангского гидроузла в Сурхандарьинской области и других. Погружение шпунта в большинстве случаев производится вибропогружателями с последующей добивкой дизельмолотом.

В заключение необходимо отметить, что в перспективе в пригационном строительстве, видимо, усилятся специализация работ, будут образовываться новые и укрепляться существующие специализированные организации.

Трудоемкие работы в ирригации до 1917 г. велись ручным способом. Так выполнялись отрывка каналов, строительство сооружений, заготовка камня, щебня и других строительных материалов. На мелких кустарных кирпичных заводах операции также выполнялись вручную. Кирпич наряду с каменной кладкой применялся при строительстве первых ирригационных сооружений в Голодной степи, Байрамали и т. д.

Пионеры освоения новых земель в Туркестане, выдающиеся русские ученые Г. К. Ризенкамф, Ф. В. Моргуниев и другие понимали, что водохозяйственное строительство должно основываться на промышленной базе. Поэтому в «Проекте орошения Голодной степи», выполненном под руководством Г. К. Ризенкамфа, уже в 1912 г. предусматривалось строительство в районе Хилково цементного завода, а также мастерской по изготовлению металлических конструкций. В 1914 г. на строительстве Голодностепской системы создан полигон по изготовлению железобетонных труб, который начал выпускать первые сборные трубы.

Слабость экономики царской России и желание получить отдачу без особых затрат обрекали на неудачу все усилия передовых инженеров.

Советская республика получила нулевой плацдарм для развития водного хозяйства. Бетонные заводы и производственные базы создавались на месте строительства крупных каналов, водохранилищ, плотин и т. д., например Фархадского гидроузла, Каттакурганского водохранилища.

Начало создания крупных подсобных предприятий в водном хозяйстве относится к 1950 г. Появляются многочисленные полигоны по производству сборных железобетонных и бетонных конструкций гидросооружений блочного типа, а также облицовочных плит. Большой вклад внесла лаборатория строительных

материалов и конструкций САНИИРИ (Л. И. Дубинин и др.), которая разработала для условий Средней Азии технологию изготовления плит методом стендов-бассейнов. Суть этой технологии сводилась к тому, что на бетонных площадках-стендах, выполненных в виде яши, могущих удерживать слой воды в 10—15 см, бетонировались плиты в переносных рамках-опалубках. Через 1—3 часа они заливались водой, далее твердение бетона происходило под слоем воды, чем создавались благоприятные условия для гидратации цемента в бетоне и не допускалось пересушки его в условиях высоких температур. Такой метод нашел широкое применение в Узбекистане, Туркмении (полигон на II Тедженстрое) и Таджикистане (Калининабадский, Самгарский полигоны и т. д.).

Большое распространение полигоны по производству сборных блоков гидротехнических сооружений, водовыпусков, труб, оголовков получили с началом освоения земель Центральной Ферганы. Были созданы полигоны с небольшими пропарочными камерами мощностью 6—20 тыс. м³ сборного железобетона в год. Для этого времени это были уже довольно значительные мощности.

К этому же периоду относится появление в Узбекистане ремонтных предприятий. Все большим количеством экскаваторов, бульдозеров, скреперов оснащались водохозяйственные организации, для них необходимо было создавать ремонтную базу. В 1950 г. начал строиться Гулистанский ремонтно-механический завод Узглавводстроя (ныне один из крупнейших заводов в системе Главсредазирсовхозстроя), в 1951 г. — Ташкентский ремонтно-экскаваторный завод, а несколько позднее — Маргиланский ремзавод. Эти предприятия заложили основу индустриализации ремонтов строительных машин и механизмов водного хозяйства республики и длительное время были единственными заводами, на ко-

торых лежал весь объем работ по капитальному ремонту экскаваторов, бульдозеров, скреперов.

Развитие индустрии водного хозяйства в связи с освоением Голодной степи. Новый подход к строительной индустрии в водном хозяйстве связан с началом орошения и освоения земель Голодной степи. Перед строителями встала проблема обеспечения сложного комплекса работ строительными материалами и конструкциями в таком широком диапазоне, который редко встречается в специализированных строительных организациях.

Для комплексного освоения целинных земель в Голодной степи понадобились все сборные железобетонные конструкции, начиная от простейших фундаментных блоков и кончая сложными мостовыми конструкциями (включая фермы и балки для пролетов 18 и 24 м).

Задача состояла не только в том, чтобы организовать производство многих видов материалов и конструкций; необходимо было также решить, какие из них наиболее перспективны и эффективны.

Перед освоителями было два пути — завозить в Голодную степь основные строительные материалы и конструкции или создать собственную базу с мощными промышленными предприятиями по производству кирпича, сборных железобетонных конструкций, дренажных труб, стальных конструкций, керамзита, гипсопрокатных панелей и нерудных материалов. Было принято решение создать собственную производственную базу, чтобы обеспечить все намеченные работы.

Одна важная особенность отличала строительную индустрию в Голодной степи — новые промышленные предприятия создавались не при

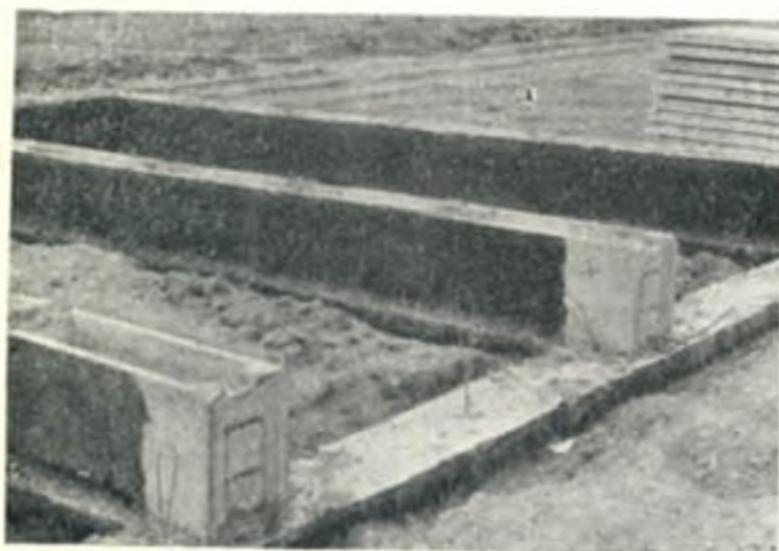
трестах, как это делалось в тот период по всей стране, а централизованно в непосредственном подчинении Главголотностепстроя, что давало важные преимущества. Во-первых, развитие строительной индустрии не ограничивалось потребностями и возможностями одного треста, что создавало значительные перспективы для ее развития. Во-вторых, большие и однородные потребности трестов давали возможность специализировать производство некоторых видов конструкций на различных заводах, что, в свою очередь, позволяло резко повысить качество и рентабельность производства изделий. В-третьих, создавалась возможность организации централизованных поставок конструкций и деталей строительным организациям непосредственно на строительную площадку, что избавляло от значительной доли забот по снабжению.

Первые предприятия, созданные в Главголотностепстрое, — Янгнерский завод железобетонных изделий, Бекабадский завод сборного железобетона и Джизакский силикалитный завод — отличались недостаточным высоким технологическим уровнем, их совершенствование шло уже в процессе освоения производства.

Бекабадский завод железобетонных изделий с первоначальной мощностью 15 тыс. м³ железобетонных конструкций в год был рассчитан на выпуск множества изделий: лотки, стойки, седла для них, многонотные плиты, различные фундаменты. Главголотностепстрой принял решение специализировать завод на изготовлении только одного вида продукции — пригационных лотков глубиной 400, 600, 800 и 1000 мм. Это производство было налажено в нашей стране впервые. С помощью Гипроводхоза в короткий срок были запроектированы и изготовлены формы, разработана технология, завод начал массовое производство лотков. Если в 1963 г. ежедневно выпускалось 25—30 лотков глубиной 400 и 600 мм, то в 1966 г. — уже 200—250 лотков, а в 1979 г. — до 300 лотков глубиной 400, 600, 800 и 1000 мм. Преобладали лотки глубиной 800 и 1000 мм. Общая мощность завода выросла с 15 до 95 тыс. м³.

Наряду с ростом объема производства шло качественное улучшение продукции. До 1966 г. изготавливались гладкие лотки длиной 6 м, которые требовали в качестве комплектующих изделий специальные седла, стойки и фундаменты. С 1966 г. завод перешел на изготовление раструбных лотков длиной 6 и 8 м, опирающихся на сваю с оголовком или на стойку. Это значительно упростило монтаж лотковой сети. На заводе было освоено изго-

Сборные блоки фундаментов.



товление лотков с помощью горизонтально направленной и поперечной вибрации.

Бекабадский завод железобетонных изделий стал базой научного поиска наиболее прогрессивной технологии производства и организации труда. Количественные и качественные достижения этого завода подтверждаются и основными экономическими показателями: средняя себестоимость 1 пог. м составляет 5 руб. 17 коп. по сравнению с 6 руб. 15 коп. в 1963 г.

Специализация Бекабадского завода вызвала необходимость перевода другого завода на изготовление комплектующих изделий для лотков-сидел, стоек, фундаментов. С этой целью был специализирован Янгнерский завод железобетонных изделий мощностью 35 тыс. м³ в год, введенный в эксплуатацию в 1961 г. Он был запроектирован как завод полигонного типа с выдержкой продукции до естественного вызревания; в 1963 г. была начата термообработка в «ямных» камерах на паровозном паре, с 1965 г. осуществлено нормальное пароснабжение от районной котельной. В 1966 г. этот завод обеспечивал стройки Голодной степи сваями и стойками для лотковой сети, кольцами и трубами для колодцев дренажной сети и многопустотными плитами для жилищного строительства.

В 1965 г. начал давать продукцию в составе Янгнерского комбината завод напорных труб мощностью 11 тыс. м³ в год. Это один из 32 заводов, построенных по технологии шведской фирмы «Сентаб», изготавливающих шестиметровые раструбные трубы диаметром 500, 700, 900, 1000 и 1200 мм. Раструбы подвергаются шлифовке для обеспечения надежности высоконапорного стыка. Армируются трубы продольными стержнями из высокопрочной стали, предварительно напряженной. Поперечная (спиральная) арматура тоже преднапряженная, фиксируемая специальной стальной полоской с высадкой, также напрягается, но уже после набивки формы бетоном с помощью распора прорезиненных чехлов, натягиваемых на внутренний перфорированный сердечник. Распор создается с помощью гидравлических насосов с напором 28 атм. После термообработки на специальных постах проволится освобождение трубы от внутреннего сердечника и снятие формы. Изделие отправляется на пост гидравлического испытания. Испытанию подвергается каждая труба, получающая отметку о давлении, на которое она может быть использована. Завод напорных труб выпускает 65 км водовода при указанных диаметрах в соотношениях, предусмотренных проектом.

По технической оснащенности завод напорных труб — наиболее прогрессивное предприятие со сравнительно небольшими объемами ручного труда. Основные профессии рабочих — станочник, шлифовщик, аппаратчик, испытатель, компрессорщик.

В 1968 г. введен в эксплуатацию в составе комплекса Янгнерский завод железобетонных изделий (вторая очередь) с цехом опор ЛЭП. Завод запроектирован в 4 унифицированных типовых пролетах (УТП) 18×174 с полигоном. Мощность завода 61,2 тыс. м³ в год. В первом пролете размещается блок вспомогательных служб, во втором — производство безнапорных железобетонных труб, в третьем — производство вибрированных стоек опор, доборных элементов к ним и прочих железобетонных конструкций, в четвертом — производство центрифугированных опор и доборных элементов к ним.

На открытом полигоне изготавливаются лестничные марши, площадки и элементы водопроводных и канализационных сетей.

С завершением строительства Янгнерского завода железобетонных изделий заканчивается создание производственной базы по обеспечению сборными железобетонными конструкциями водохозяйственных организаций, осваивающих целинные земли Голодной степи.

Ускорение темпов освоения новых земель благодаря успешному производству сборных железобетонных конструкций для нужд ирригационного строительства показало необходимость всемерного ускорения выпуска промышленных элементов для жилищного и культурно-бытового строительства в совхозах Голодной степи. Если при выполнении мелиоративных и ирригационных работ постоянный недостаток в рабочих кадрах компенсировался достаточным количеством строительных машин и землеройной техники, то при жилищном и культурно-бытовом строительстве из кирпича необходимой техники, заменяющей ручной труд, еще не было. Огромный размах гражданского строительства в совхозах требовал такого количества стенового материала, которое невозможно обеспечить ни собственными кирпичными заводами, ни поставкой от республиканских кирпичных заводов.

Перед строителями в Голодной степи задача превращения строительной площадки в монтажную стала основной, без ее решения рассчитывать на успех массового гражданского строительства в совхозах было невозможно. В городском строительстве страны эта задача успешно решалась внедрением крупнопанельного домостроения. Было решено построить в Джизаке такой комбинат мощ-

ностью 35 тыс. м³ в год. К этому времени на Джизакском комбинате строительных материалов и конструкций завершилось строительство завода силикатобетонных блоков для двухэтажных жилых домов с двухрядной разрезкой. Размеры и вес блоков допускали монтаж автомобильными кранами с удлиненной стрелой.

После длительного освоения производства силикатобетонных блоков, изготавливаемых из кварцевого песка и извести, с последующим пропариванием в автоклавах встала проблема обеспечения исходным сырьем — кварцевым песком, так как доставка песка из Дарбазинского карьера, как предусматривалось проектом, сказывалась на себестоимости продукции. Кроме того, кварцевый песок с высокоабразивными свойствами чрезвычайно быстро изнашивал основной помольный агрегат завода — дезинтегратор. Было решено отказаться от применения кварцевого песка в качестве основного материала для силикатобетона.

Лабораторные анализы лесса (повсеместно распространенного в республиках Средней Азии материала) показали, что он содержит от 55 до 70% тонкоизмельченного кварца, что вполне достаточно для нормального протекания процесса гидратации в автоклавах. После первых экспериментальных формовок стало ясно, что проблема сырья для Джизакского завода силикатобетонных блоков решена успешно, получен лессосиликатобетон, который удовлетворял нормам и техническим условиям, предъявляемым к стеновым материалам в климатических условиях республик Средней Азии. Одновременно замена кварцевого песка лессом сняла с дезинтегратора функции помольного агрегата и превратила его в смеситель. Дезинтегратор — агрегат непрерывного действия, стал весьма производительным смесителем, обеспечивающим выпуск до 25 м³ смеси в час.

Успешное освоение производства лессосиликатобетонных стеновых блоков позволило начать строительство второго завода по той же технологии, но с удвоенной мощностью — 75 тыс. м³ лессосиликатобетонных блоков в год. Таким образом, общая мощность Джизакского комбината по стеновым материалам составила 113 тыс. м³ в год, или 56,5 млн. усл. кирпичей. Второй лессосиликатобетонный завод введен в эксплуатацию в конце 1964 г., в 1967 г. завершено освоение проектной мощности.

Завод крупнопанельного домостроения был перепрофилирован на производство доборных элементов для комплектации крупноблочных

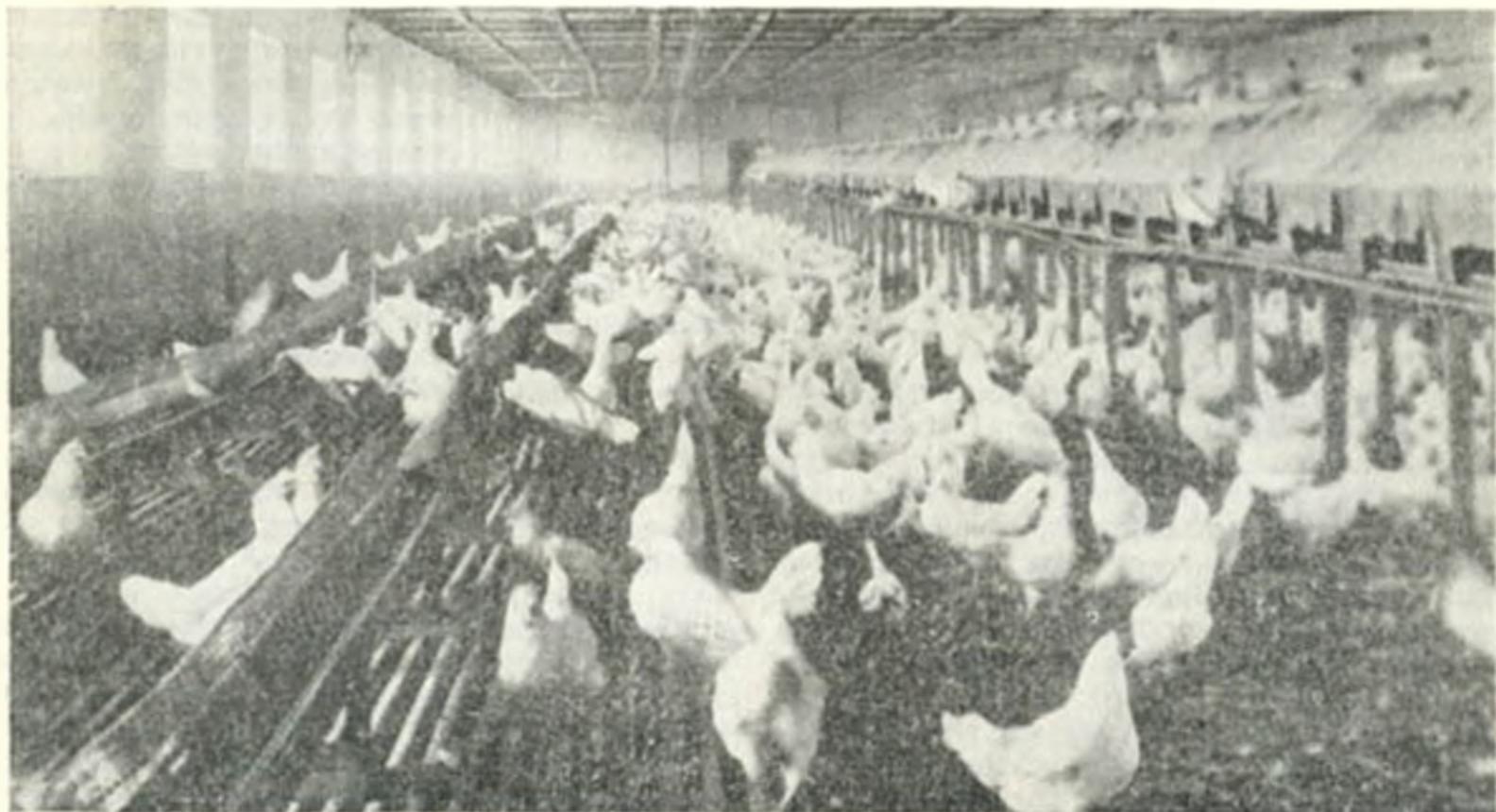
лессосиликатобетонных жилых домов, его номенклатура — многопустотные плиты для междуэтажных и чердачных перекрытий, лестничные марши и площадки, элементы террас и др. Общая мощность комбината по сборным железобетонным конструкциям составила 55 тыс. м³ в год.

На Джизакском комбинате строительных материалов и конструкций построен и введен в эксплуатацию в 1961 г. завод гипсопрокатных перегородок мощностью 400 тыс. м² в год, или 20 млн. усл. кирпичей. Этот завод позволил индустриализировать еще один процесс в массовом жилищном строительстве. Его продукция вошла как индустриальный элемент в комплект, поставляемый на строительные площадки Джизакским комбинатом. Кроме того, освоено изготовление прокатных панелей для ограждений полевых станков, птичников, животноводческих построек.

В качестве легкого наполнителя наряду с опилками начали использовать керамзитобетонный песок, который производился на керамзитовом заводе, расположенном параллельно гипсопрокатному заводу на расстоянии 50 м. Гипсоцементные прокатные панели на керамзитовом песке отличались хорошим качеством и повышенной прочностью, позволяющей транспортировать их по железной дороге. Замена органического наполнителя (опилок) неорганическим (керамзитом) способствовала увеличению долговечности полевых бригадных станков, так как исключался процесс разложения органических веществ.

В 1964 г. на Джизакском комбинате был введен в эксплуатацию завод по производству керамзита мощностью 35 тыс. м³ в год с одной вращающейся печью, с 1975 г. завод начал работать на сырье, доставляемом из Дарбазинского месторождения вспучивающихся глин, имеющих коэффициент вспучивания 2,8—3,5. Успешное освоение мощности печи, а также растущие потребности в легком наполнителе для керамзитобетонных конструкций и термоизоляции вызвали необходимость возведения второй технологической линии. В 1966 г. была введена в эксплуатацию вторая вращающаяся печь. Таким образом, мощность завода по производству керамзита была доведена до 70 тыс. м³ в год, затем введен в эксплуатацию еще один завод мощностью 200 тыс. м³ в год.

В 1965 г. был завершён монтаж первого в Средней Азии вибропрокатного стана на полигоне, его продукция — кессонные панели для облицовки каналов, панели ограждения, панели перекрытий для кровель и террас в жилых домах. В конце 1966 г. был введен в



Сборный птичник.

эксплуатацию вибропрокатный стан № 2, на котором изготавливались рамы террас для жилых домов и керамзитобетонные панели для жилищного и производственного строительства в совхозах. В 1967 г. производительность первого стана была доведена до проектной, т. е. до 25 тыс. м³ изделий в год.

С вводом в эксплуатацию завода мощностью 50 тыс. м³ изделий в год завершилось строительство и формирование Джизакского комбината строительных материалов как комплексного предприятия, обеспечивающего комплектную поставку на строительные площадки материалов и конструкций для монтажа жилых домов.

В 1973 г. был осуществлен перевод стана на работу в жестких формах вместо формующей ленты, набираемой из пластика, что позволило увеличить сроки эксплуатации станов вдвое, улучшить качество изделий и сократить расход цемента на 60 кг/м³. В 1971 г. введен новый пролет размером 18×210 м для производства керамзитобетонных стеновых панелей.

Комбинат имеет собственный жилой поселок на 30 тыс. человек со школой на 960 мест, детскими садами и яслями; построен клуб на 600 мест.

В 1968 г. Главсредазирсовхозстрой ввел в эксплуатацию Чиназский завод железобетонных конструкций мощностью 70 тыс. м³ в год.

Это завод полигонного типа, где только котельная, компрессорная и арматурный цех имеют капитальные здания. Технология производства погонажных изделий для промышленного строительства — стендовая на протяжном стенде длиной 100 м с двумя полями по 6 м шириной. Для производства плит покрытий с шагом несущих конструкций 6 и 12 м предусмотрена агрегатно-поточная технология с двумя формовочными постами и наземными камерами для термообработки. Завод оборудован козловыми кранами, имеет железнодорожные пути и автодороги. Расположение завода на площадке, примыкающей к гравийно-сортировочному заводу, создает благоприятные условия для получения продукции с более низкой себестоимостью, чем на других заводах, где нерудные материалы приходится доставлять либо по железной дороге, либо транспортом. На площадках под козловыми кранами дополнительно размещены формовочные вибропосты для производства 15 тыс. м³ плит.

Несмотря на мощное развитие промышленности крупных блоков, в водохозяйственном строительстве кирпич продолжает сохранять значение для объектов культурно-бытового и коммунального назначения, поэтому Главсредазирсовхозстроем создан кирпичный завод в Бекабаде мощностью 56 млн. кирпичей в год.

Особое значение придавалось производству дренажных труб. В 1961 г. введен в эксплуатацию Янгирский завод керамических дренажных труб производительностью 24 тыс. т в год, или 330 км прямых труб. Сырьем для производства служил местный лесс (80%) и доставляемая по железной дороге каолиновая глина из Ангрена (20%). До 1966 г. завод вырабатывал короткие прямые трубы, осваивая проектную мощность. В 1966 г. была поставлена задача перейти на изготовление раструбных труб диаметром 100, 150 и 200 мм. Она была решена успешно за три месяца, для чего пришлось переделать прессы. На заводе имелись две тоннельные печи непрерывного действия, сушильные хозяйства, отделение подготовки сырья и прессовые отделения. Переход на изготовление раструбных труб был вызван необходимостью повышения надежности дренажной линии. Однако для этого потребовалось изменить состав сырья, увеличив дозу каолина до 50%, так как для создания раструба эластичности лесса оказалось недостаточно.

Для увеличения производства труб с 1969 г. начата реконструкция завода, первая очередь которого была введена в эксплуатацию в 1973 г., а вторая — в 1974 г. Мощность завода доведена до 54 тыс. т в год, или более 2 тыс. км дренажных труб. Все процессы контроля за температурным режимом в цехах автоматизированы, что позволило повысить выход из печей.

Для ликвидации дефицита гончарных труб трест «Промстройматериалы» Главсредазирсовхозстроя осваивает изготовление пористых трубофильтров на автоматическом станке конструкции ЦНИИПС. Пористые трубы изготавливаются на керамзитовом песке с применением глиноземистого цемента в качестве вяжущего. Проектная производительность установки — 260 км труб в год.

Производство нерудных материалов в системе Главсредазирсовхозстроя. Очень важное значение для освоения земель Голодной степи имели инертные заполнители для бетона, дорожного строительства, раствора и дренажа. До орошения Голодной степи в ядном хозяйстве республики не существовало гравийно-песчаных заводов, однако развитие производства сборных железобетонных конструкций вызвало необходимость создания современных гравийно-сортировочных заводов, которые могли бы обеспечить нужный гранулометрический состав для приготовления бетонов высоких марок.

Гравийно-сортировочный завод в Чиназе на берегу р. Чирчика был запроектирован на

производство 500 тыс. м³ нерудных материалов в год. Они изготовлялись по гидромеханизированной технологической схеме с использованием земснарядов для подачи пульпы из реки на сортировочные виброгрохоты.

В проектную технологию завода эксплуатационники и технологи внесли большие изменения. Из технологической линии исключены лумф, большая часть трубопроводов, установленных на магистральном пульповом ступителе; два землесоса, которые нельзя было синхронизировать в работе, заменены одним с высокой производительностью. Кроме того, ведется сухая подача грунтомассы на виброгрохоты при помощи двух ленточных транспортеров с прямым устройством тоннельного типа. К виброгрохотам подведена пода для промывки.

Земснаряд намывает грунтомассу на площадку у приемного устройства, бульдозеры подают ее на транспортеры. Простой земснаряда не влияют на работу завода, а работа земснаряда не зависит от простоев завода. Общий коэффициент использования оборудования повысился до 0,87, а мощность завода возросла до 1,0 млн. м³ в год.

В 1970 г. введен в эксплуатацию Бекабадский гравийно-сортировочный завод с карьером на Дальварзинском месторождении. Этот завод запроектирован также по гидромеханизированной технологической схеме. Мощность построенного завода — 800 тыс. м³ нерудных материалов в год.

Кроме указанных предприятий, для Голодной степи построен деревоотделочный завод в г. Ташкенте; реконструирован до объема в 5 млн. руб. Гулистанский ремонтно-механический завод с цехом металлоконструкций мощностью 5 тыс. т в год; построен новый Пахтааральский РМЗ с проектным объемом промышленной продукции в 2 млн. руб.

Индустриальная база в Каршинской степи явилась первым строительным комплексом промышленных предприятий как основы повышения производительности труда в строительстве, развернутом на огромных территориях осваиваемых земель при наличии множества разбросанных на сотни километров объектов самого разнообразного профиля и номенклатуры. Увеличение объема заводской продукции на 1 млн. руб. привело к резкому снижению трудозатрат на площадке в строящихся совхозах. Благодаря этому большая часть строительных работ сведена до уровня монтажных, а производительность труда строителей резко возросла. Если в 1957 г. выработка на одного работника в Главголодно-степстрое не превышала 3 тыс. руб. в год, то

к 1979 г. она достигла 11—12 тыс. руб. в год, а в водохозяйственных трестах — 20—25 тыс. руб. в год.

Рост производительности труда показывает, что между объемом поставки сборных железобетонных конструкций и деталей на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ и производительностью труда в водохозяйственном строительстве существует зависимость, которая для организаций Главредазирсовхозстроя выглядит следующим образом:

$P = (2,84 C_b + 3,8 \Phi) K_{ритм.}$
где P — выработка на 1 работника,

C_b — количество сборных конструкций на 1 млн. руб., м³,

Φ — фондовооруженность машины и оборудования на одного рабочего,

$K_{ритм.}$ — коэффициент ритмичности.

Значение индустриальной базы в Каршинской степи. Благодаря строительной индустрии, созданной в Голодной степи, началось строительство большого количества объектов в Каршинской степи, в зоне Каракумского канала в Туркмении и др. В дальнейшем эти стройки обеспечивались собственными базами, создаваемыми при них. Правда, подход был уже другой. В Каршинской степи было решено все промышленные предприятия по производству строительных конструкций объединить в одно.

Строительство Каршинского комбината строительных материалов и конструкций было начато в 1966 г. Общая мощность комбината в год составляла 493 тыс. км³ сборных железобетонных конструкций, 171,4 элементов домостроения, 60 тыс. м³ столярных изделий, в том числе 160 тыс. м² оконных блоков, 340 тыс. м² дверных и 160 тыс. м² погонажных изделий.

В составе комбината имелся ремонтно-механический завод с программой ремонтных работ на 3 млн. руб.

Железобетонные изделия были подобраны таким образом, что продукция этого одного сверхмощного предприятия обеспечивала все нужды строителей при освоении Каршинской степи. Этот комбинат был предназначен для выпуска следующих конструкций: 262,7 тыс. м² для жилищного строительства, 65,0 для строительства объектов соцкультбыта, 49,1 для объектов производственно-вспомогательного назначения, 22,6 для инженерных сетей внедрения, 14,6 для благоустройства, 17,5 для строительства ферм КРС, 23,5 для промышленного строительства, 159,6 для водохозяйственного строительства, 41,0 для внешних инженерных сетей, всего он должен выпускать 664,6 тыс. м³.

Комбинат запроектирован в унифицированных типовых пролетах (УТП) 18×174 и 24×174 с блоком вспомогательных служб, котельной, компрессорной, складами цемента, стали, нерудных и прочих материалов с арматурными цехами. Комплекс решен как районный комбинат строительных материалов и конструкций. Уже выдает продукцию первая очередь комбината производительностью 160 тыс. м³ сборного железобетона в год.

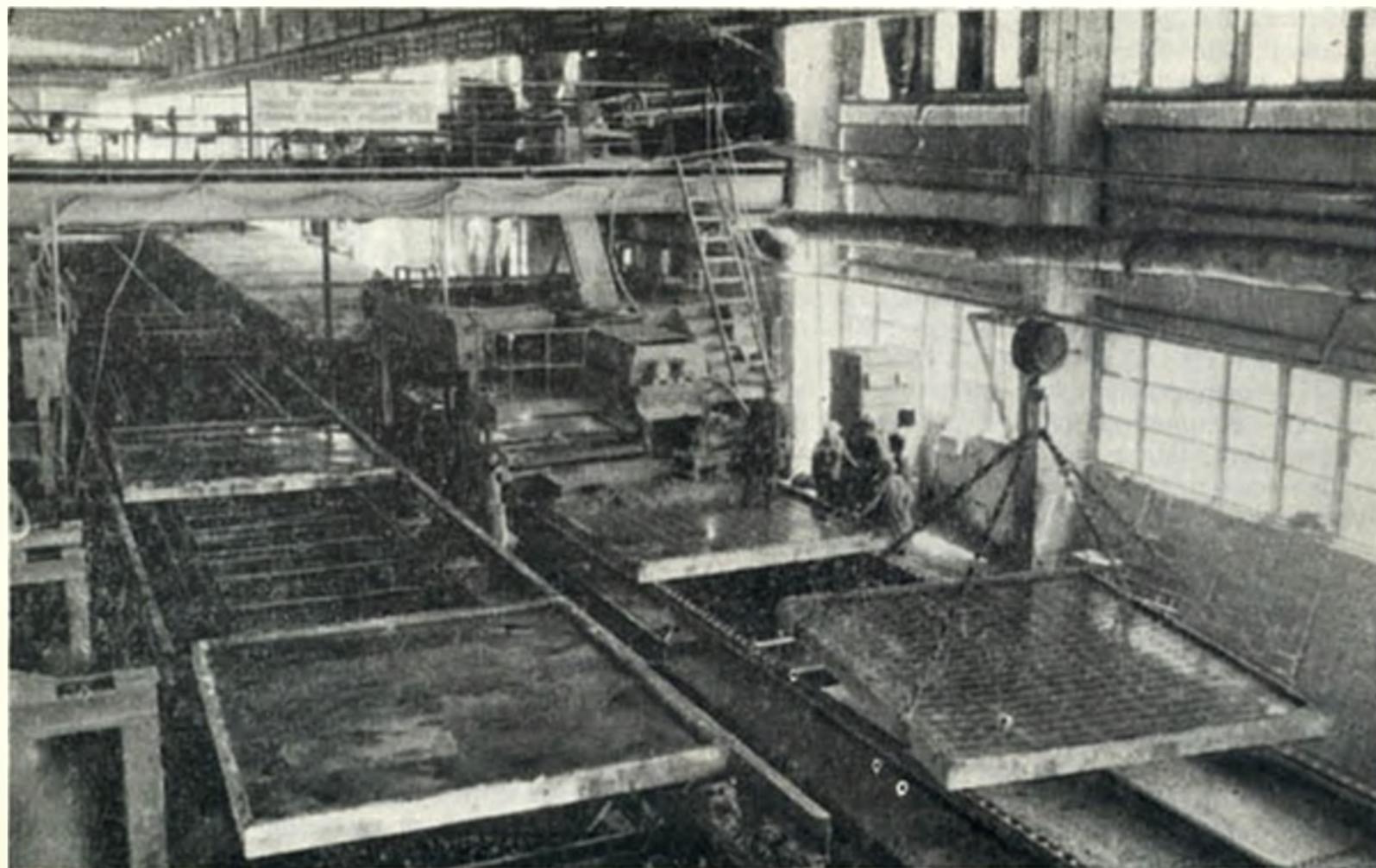
Для обеспечения строительства в Каршинской степи строительными материалами построен Шахриябзский гравийно-сортировочный завод мощностью 1200 тыс. м³ в год по технологии сухой подачи гравийной массы на сортировку с двумя ступенями дробления, что гарантирует полную переработку сырья. Кирпичом Каршинстрой обеспечивается заводом производительностью 56 млн. кирпичей в год.

Паряду с крупными промышленными предприятиями, вырабатывающими определенные изделия, в Главредазирсовхозстрое имеются мелкие производственные предприятия, призванные выполнять заказы строительных управлений по изготовлению нетиповых и несерийных изделий, которых пока достаточно и в жилищном, и в культурно-бытовом, и в хозяйственном строительстве. Эти предприятия в виде полигонов по производству железобетонных изделий входят в состав КПП (комбинатов производственных предприятий) трестов и управлений. Трест «Ирмонтажстрой» имеет завод полигонного типа мощностью 15 тыс. м³ в год. «Голодноестрой» — 20, «Каршинстрой» — 10.

Таким образом, Главредазирсовхозстрой располагает только в Узбекистане следующими мощностями: более 1000 тыс. м³ сборного железобетона, 260 млн. усл. кирпичей для стеновых материалов, 230 тыс. м³ столярных изделий, 4,5 млн. м³ нерудных материалов в год.

Опыт Главредазирсовхозстроя усилиями ММ и ВХ СССР широко распространен во всей стране. В каждом главке системы подного хозяйства построены и строятся десятки крупнейших предприятий, комбинатов, заводов. Больших успехов в этом направлении добились мелiorаторы ММ и ВХ Украины, Польши, РСФСР, Главрессовхозстроя, Каракумстроя и др.

Развитие промышленности стройиндустрии в системе ММ и ВХ УзССР и Узглавводстроя. Валовое производство промышленной продукции по Узглавводстрою за 10 лет (1965—1975 гг.) возросло в 4 раза:



Стан Козлова.

Продукция	1967 г.	1970 г.	1975 г.
Валовая продукция, млн. руб.	13,4	30,14	53,6
Сборный железобетон, тыс. м ³	69	130,4	23,6
Керамические дренажные трубы, тыс. т	—	—	23,6
Сварные металлоконструкции, тыс. т	5,3	8,3	26,2
Столярные изделия, тыс. м ³	31	56,3	87,24
Инертные материалы, тыс. м ³	299	581,2	1727

Специфика промышленных предприятий Узглавводстроя состоит в том, что они формировались в соответствии с объектами строительства (сильно разбросанными). Если в Главсредазпресовхозстрое средняя мощность заводов по сборному железобетону превышает 100 тыс. м³ в год, а по инертным — почти 1 млн. м³, то в Узглавводстрое средняя мощность предприятий по сборному железобетону составляет 40 тыс. м³, а по инертным — 500 тыс. м³ в год. Наиболее крупные предприятия в системе Узглавводстроя — Ташкентский завод ЖБИ с объемом 75 тыс. км³ в год, производственное объединение «Сурхан» — 70 тыс. км³ железобетона и 500 т ме-

таллоконструкций. Каршинский завод дренажных труб производительностью 23,6 тыс. т труб в год. Значительно расширены предприятия по изготовлению металлоконструкций и ремонту механизмов: Ташкентский экспериментальный опытно-механический завод с объемом производства 6,5 тыс. т металлоконструкций в год, Маргиланский транспортно-ремонтный завод и др.

Предприятия Узглавводстроя выпускают много промышленных изделий и конструкций: объемные блоки гидросооружений, железобетонные лотки параболического сечения, фундаменты и стойки под них, облицовочные плиты, железобетонные армопанели — оболочки для плотин и крупных гидросооружений, трубы диаметром до 2 м, железобетон для производственного строительства, оснастку для производства железобетонных конструкций, металлоконструкции гидросооружений, армокаркасы, приборы, запасные части, столярные изделия, контейнерные дома и передвижные вагончики для механизаторов.

За десятую пятилетку намечено ввести дополнительные мощности по производству железобетона на 160 тыс. м³ в год. Узглавводстрой также проектирует создание крупных

промышленных предприятий по производству железобетона и инертных материалов, ремонту автомобилей в Китабе, Сурхандарье, Намангане и Бухарской области.

Узглавводстрой первым среди водохозяйственных органов республики приступил к созданию предприятий по производству полимеробетонных изделий. На основе выполненных САНИИРИ работ трест «Узоргтехстрой» разработал проект цеха на Ташкентском заводе ЖБИ по производству полимеробетонных труб методом центрифугирования с использованием в качестве исходных материалов андезитового песка, фурановых смол и газоконденсата.

Строительная индустрия ММ и ВХ УзССР начала создаваться только в девятой пятилетке. О темпах ее роста можно судить по следующим данным:

Продукция	1960 г.	1965 г.	1970 г.	1975 г.
Валовая, тыс. руб.	2297	4552	1663	29112
Металлоконструкции, тыс. т	—	—	3,1	1,4
Сборный железобетон, тыс. м ³	—	—	—	75
Деревообработка, тыс. м ³	—	—	—	0,4
Инертные материалы, тыс. м ³	—	—	—	206

Старейшее предприятие ММ и ВХ УзССР — Ташкентский опытно-механический ремонтно-экскаваторный завод. Завод имеет две поточные линии по ремонту экскаваторов с емкостью ковша 0,6 и 0,4 м³, ремонтирует помимо экскаваторов бульдозеры, скреперы, изготавливает различные металлоконструкции, вагоны-общезития для механизаторов и т. д. Такую же продукцию дает и Ургенчский ремонтно-экскаваторный завод в Хорезмской области.

Два специфических комплексных предприятия — комбинат подсобных предприятий КК АССР и комбинат подсобных предприятий Тюямуянгидростроя имеют объем валовой продукции по 2,5—3,7 млн. руб. и производят сборный железобетон, металлоконструкции, строительные изделия, инертные материалы, а также ведут капитальный ремонт машин и механизмов.

Немало заводов выпускают железобетонные изделия — Бектемирский, Куйганъярский, Джудакаминский, Бухарский, Ферганский и Аккарадарьинский мощностью от 10 до 25 тыс. м³ в год. Эти заводы полигонного ти-

па обеспечивают объекты ММ и ВХ УзССР мелкосерийными изделиями (трубы, плиты, блоки, сваи, балки и т. д.). Мелкосерийность изделий приводит к повышенной себестоимости и неудовлетворительному качеству. В связи с этим ММ и ВХ УзССР наметило резко увеличить мощности этих предприятий и провести их специализацию. На одном из заводов предполагается осуществлять серийный выпуск труб, на 2—3 — выпуск лотков и т. д.

Большое достижение — создание в пос. Бектемир центральной базы экспериментальных специализированных ремонтно-промышленных предприятий (ЦБ ЭСРПП). Этот огромный комплекс с проектной мощностью 17,5 млн. руб. задуман как основа для перевода эксплуатации гидромелiorативных систем на индустриальную основу. ЦБ ЭСРПП занимается ремонтом насосно-слювого оборудования крупных насосных станций, скважин вертикального дренажа и водоснабженческих гидромеханизмов гидротехнических сооружений. Обеспечивая агрегатный ремонт этих механизмов, предприятие дает возможность организовать техническое обслуживание систем вертикального дренажа и насосных станций почти на всей территории республики. ЭСРПП будет заниматься комплексным оснащением системы приборами и средствами водоучета, автоматики и измерений. Оно выпускает пульта управления автоматическими системами «Темир», ряд волюнзиметрических приборов и т. д. для установки их на экспериментальных объектах. Для успешной работы ЦБ ЭСРПП большое значение имело создание специализированного конструкторского бюро «Узприборводоавтоматика», которое занимается разработкой системы приборов и автоматических устройств для эксплуатационных нужд.

Таким образом, в Узбекистане создана мощная база строительной индустрии, которая позволила резко повысить темпы комплексного освоения новых орошаемых земель и водохозяйственного строительства, а также улучшить водообеспеченность. Такая же база создается и в системе эксплуатации водохозяйственных объектов, что является основой перехода от практиковавшихся ранее аварийных ремонтов к индустриальным методам профилактического обслуживания гидромелiorативных систем. Это позволит поднять на более высокий уровень управление водным хозяйством в республике.

Намеченная программа водохозяйственного строительства требует использования новых эффективных строительных материалов, позволяющих повысить качество и долговечность гидротехнических сооружений. К ним можно отнести и полимерные материалы.

Универсальные свойства обеспечили полимерам широкое применение в различных отраслях техники и способствовали быстрому росту их производства. Расширяется их использование и в ирригации.

Один из важных факторов, определяющих эффективность применения полимерных материалов в условиях Узбекистана, — стойкость к действию сильноминерализованных сред. Кроме того, применение полимеров способствует сокращению сроков строительства, повышению общего уровня технической культуры и улучшению условий труда в строительстве, эксплуатации мелиоративных систем и водохозяйственных объектов.

Узбекистан стал пионером в применении многих видов полимерных материалов в ирригации — пленок, труб, герметиков, смол для создания специальных бетонов. В Голодной степи в 1958 г. полимерные пленки начали использоваться при устройстве противофильтрационных экранов и облицовок на каналах и водоемах. Это были в основном нестабилизированные полиэтиленовые и поливинилхлоридные пленки толщиной от 0,15 до 0,3 мм, позже — только стабилизированные сажей полиэтиленовые пленки толщиной 0,2 мм. В совхозе «Дружба» под руководством В. В. Пославского, В. В. Сокольского и В. Э. Новиковского с 1958 по 1964 г. проводился широкий производственный опыт, было построено 37 км оросительных каналов с использованием противофильтрационных материалов.

Полимерные пленки используются при облицовке каналов с грунтовым защитным сло-

ем или железобетонным и бетонным настилом. Наиболее эффективна бетоно-пленочная облицовка.

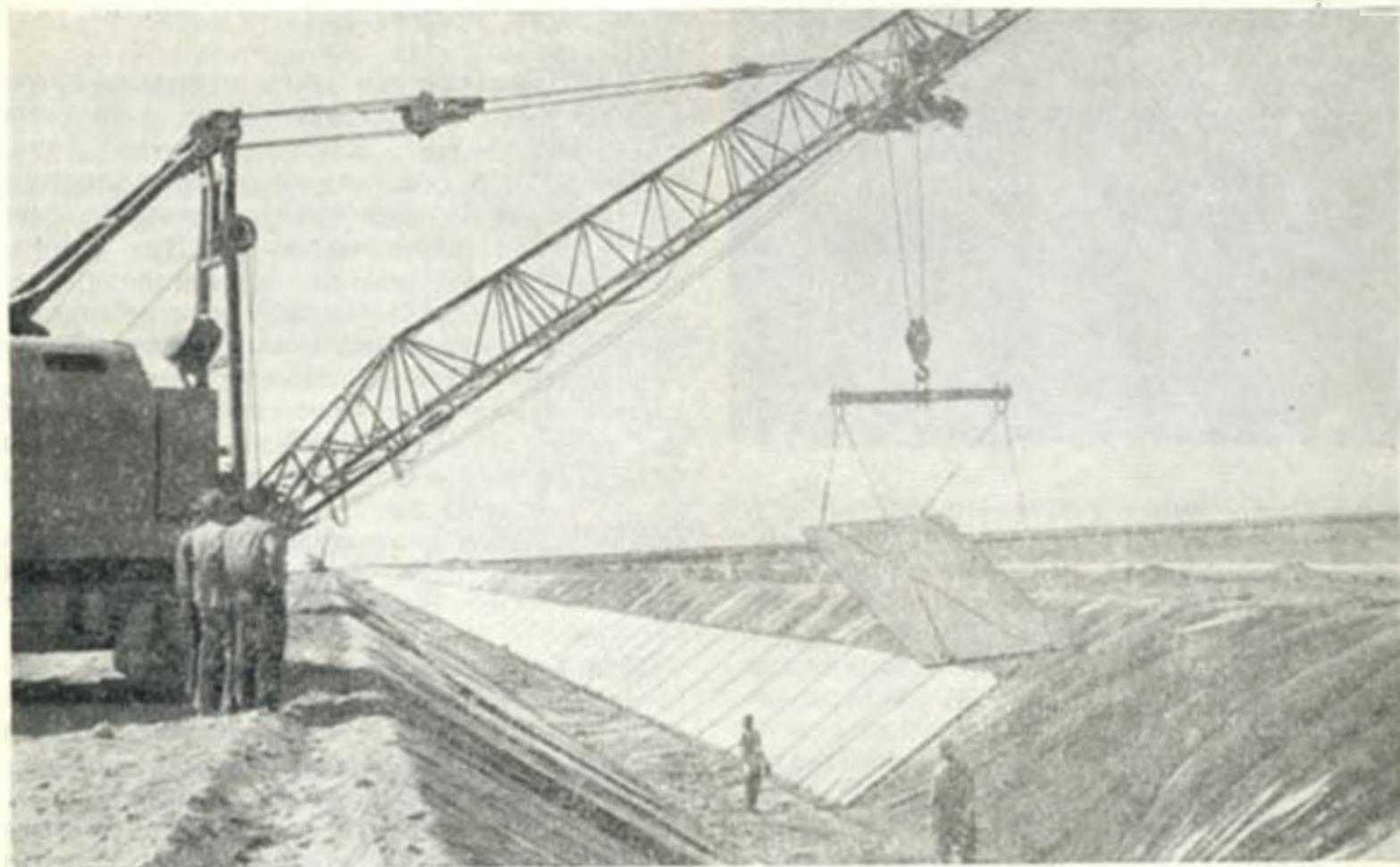
На поверхности русла пленка, если она не защищена, изнашивается (за год) от солнечной радиации и механических повреждений. При устройстве ее с грунтовым защитным слоем происходит оползание откосов, зарастание их растительностью, применение механизмов для очистки каналов в таких условиях ограничивается. В бетоно-пленочных же облицовках бетон надежно предохраняет пленку от солнечной радиации и механических повреждений, удлинняет срок ее службы. В Голодной и Каршинской степях широко применяются облицовки с монолитным бетоном и из сборных плит.

Голодостепстрой внедрил бетоно-пленочную облицовку каналов с расходом от 18 до 65 м³/сек (полиэтиленовая пленка толщиной 0,2—0,4 мм и сборный железобетон). Только на Каршинском магистральном канале бетоно-пленочной облицовкой покрыта площадь 2,5 млн. м², из них 500 тыс. м² выполнено из сборного железобетона. Применена улучшенная стабилизированная полиэтиленовая пленка толщиной 0,1—0,2 мм.

Опыт и технико-экономические расчеты подтверждают преимущества бетоно-пленочных облицовок по сравнению с прочими. Фильтрация воды резко снижается. КПД оросительных систем повышается с 0,5 до 0,8—0,9, благодаря чему экономится вода, улучшается мелноративное состояние земель, сокращаются расходы на дренаж.

Несмотря на указанные достоинства, бетоно-пленочные облицовки нуждаются в усовершенствовании.

Заслуживают большого внимания противофильтрационные облицовки на основе битумных, латексных и других мастик. Впервые в Узбекистане (САНИИРИ) разработаны и исследованы гибкие облицовки из броневола



Комбинированные бетонно-пластичные облицовки.

для каналов на просадочных грунтах. Бронезол представляет собой листовый материал на основе битума, минеральной ваты, пластификатора и стеклоткани. Толщина листов бронезола — 8—12 мм при длине 5—6 м.

Гибкие экраны из бронезола могут быть рекомендованы для гидроизоляции сооружений в водохозяйственном строительстве, облицовки оросительных каналов и резервуаров.

Гибкие облицовки из бронезола испытаны на каналах с пропускной способностью от 0,2 до 5 м³/с. В период производственных исследований уложено более 20 тыс. м² гибких облицовок на каналах с просадочными грунтами I—III категории.

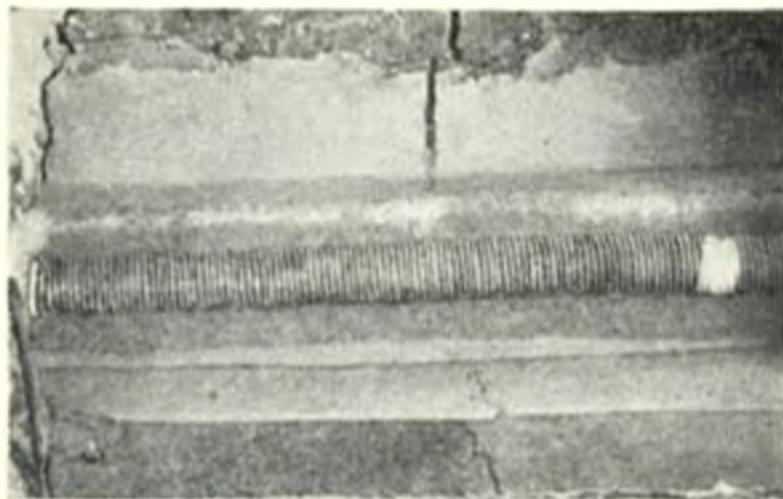
В Ташкентской области гибкие облицовки из бронезола (10 тыс. м²) уложены на распределителях левой ветки Ташкентского канала. Стоимость 1 м² облицовки из бронезола — 1,52 руб. Ориентировочный срок службы — 5—6 лет.

В районах аридной зоны Советского Союза с высокой засоленностью почвогрунтов на первый план выдвигаются работы по устройству коллекторно-дренажных систем, способствующих повышению плодородия земель. С увеличением темпов и объемов дренажного

строительства появился дефицит в гончарных трубах, широко используемых для дренажа.

Опыт показал, что наиболее высокая механизация всего процесса строительства дренажа возможна с применением пластмассовых гибких, гладких и гофрированных труб. К 1974 г. в Голодной степи построено более 890 км горизонтального дренажа с укладкой гофрированных труб диаметром 75 мм бестрашечными и щелевыми дренажниками. В качестве фильтрового материала в соответствующих литологических условиях применялась капроновая ткань. В условиях хорошопроницаемых грунтов, например в совхозе №31 Голодной степи, модуль дренажного стока у дрен с фильтром из одного слоя капроновой ткани достигал, а иногда и превышал величину модуля, полученного для дрен из керамических труб с песчаным фильтром.

Модернизированная конструкция дренажника БДМ-301 позволяет укладывать в дренаж пластмассовые трубы диаметром до 110 мм. В Голодной степи прошла широкую проверку конструкция горизонтального дренажа из полиэтиленовых труб диаметром от 41 до 73 мм (щелевая и дырчатая перфорация).



Пластмассовые перфорированные дренажные трубы.

При строительстве дренажа с помощью ДШ-301 и БДМ-300 применяются пластмассовые цельные перфорированные трубы, уложенные с фильтром из крупнозернистого песка или капроновой ткани. В хлопководческом совхозе № 26 построен опытный участок дренажа с применением однослойного фильтра из капроновой ткани и с песчаной обсыпкой. Дренаж функционирует нормально: трубы не деформируются, фильтр не заплывается, в дренажном стоке не содержится механических примесей. Производственные опыты показали, что в лессовидных суглинках трубы со щелевой перфорацией без фильтра быстро заплываются.

Использование высокопроизводительных дренажников типа БДМ-301 М и ДШ-301 позволяет вести механизированную укладку полиэтиленовых гофрированных и перфорированных труб в сложных гидрогеологических условиях при высоком стоянии уровня грунтовых вод, при этом фильтром служит обсыпка из крупнозернистого песка, что намного расширяет область применения полимерных труб для горизонтального дренажа. Переход на песчаную обсыпку в качестве фильтра вместо капроновой ткани позволил повысить величину модуля дренажного стока, что очень важно при интенсивных промывках почвогрунтов.

В Голодной степи построено более 90 км пластмассового дренажа из гофрированных труб с двухзаходной винтовой спиралью, у которых внутренний диаметр 63 мм.

С ростом объема применения в водохозяйственном строительстве монолитных и сборных железобетонных элементов весьма острой стала проблема обеспечения водонепроницаемости, т. е. герметизация стыков и швов. Только в ирригационном строительстве при облицовке каналов протяженность герме-

тизируемых швов составляет десятки тысяч километров.

Для герметизации швов и стыков применяются погонажные материалы, изготавливаемые в виде полос и жгутов различной формы и поперечного сечения, — мастики-эластомеры (в холодном состоянии), битумополимерные мастики (в горячем виде). Для уплотнения стыков при монтаже ирригационных каналов из параболических железобетонных лотков широко используется эластичный жгут из поронизола. Это антигнилостный легкий пористый материал, сохраняющий эластичность при температурах от +80 до —50°C. Основное сырье для его изготовления — материалы, содержащие каучукпротекторную резину, старые автопокрышки, невулканизированные отходы каучука, сырье, применяемое для изготовления резинотехнических изделий.

Основные свойства поронизола после семилетней эксплуатации в стыках раструбных лотков и Голодной степи практически не изменились. Механическая прочность и относительное удлинение остались в допустимых пределах, а остаточные деформации превысили норму в несколько раз, однако герметичность стыков сохранилась.

Технология выполнения стыков из поронизола очень проста. Во время монтажа лоткового канала поронизоловый жгут подводится под гладкую часть лотка и слегка натягивается вручную или с помощью фиксаторов, затем лоток спускается до проектного положения.

При герметизации стыков в раструбных лотках поронизоловым жгутом в несколько раз сокращаются трудозатраты и достигается значительная экономия средств по сравнению с монтажом гладких лотков в седлах и с заделкой стыков просмоленным пеньковым канатом и горячим битумом. По данным треста «Янгиерводстрой», на 100 лотков типа Лр-60 экономится 329 руб., Лр-509 руб., Лр-100—602 руб.

Поронизол применяется и для герметизации стыков между сборными плитами облицовок каналов. Это принципиально новое направление в решении проблемы герметизации стыков. Таким образом ведут облицовки канала с ромбической и прямоугольной раскладкой сборных плит. Поронизоловый жгут обжимается между плитами, так создается самоуплотняющийся шов. Поперечные швы покрываются клееными герметиками.

На Паркентском канале в Ташкентской области и на канале Турк-Сарай в Ферганской области за 1976—1977 гг. проложено

более 50 тыс. м² облицовки с самоуплотняющимися швами.

Мастики-эластомеры или клеевые герметики изготавливаются из тиокола, силикона, полнуритана, бутилкаучука. После введения в стык в пастообразном состоянии они под влиянием вулканизирующих агентов переходят в резиноподобное состояние. Характеризуются высокой адгезионной способностью, эластичностью, малой усадкой, значительным сроком службы (20 лет).

В сборных облицовках каналов герметизация температурных швов выполняется тиоколовыми мастиками (АМ-0,5, КМ-0,5) и силиконовыми «эластосил-1106»; применяются также склеенные швы со стеклотканью и бутилкаучуковой мастикой ЦПЛ-2. Эти герметики отличаются друг от друга не только химическим составом, но и физико-механическими, технологическими свойствами.

Тиоколовые герметики выпускаются двумя компонентами (основная часть и вулканизирующая). Смесь этих компонентов вулканизируется на воздухе и превращается в эластичную резину. Мастики водо- и морозостойки. Стоимость 1 кг КМ-0,5 и АМ-0,5 — 4,7 руб.

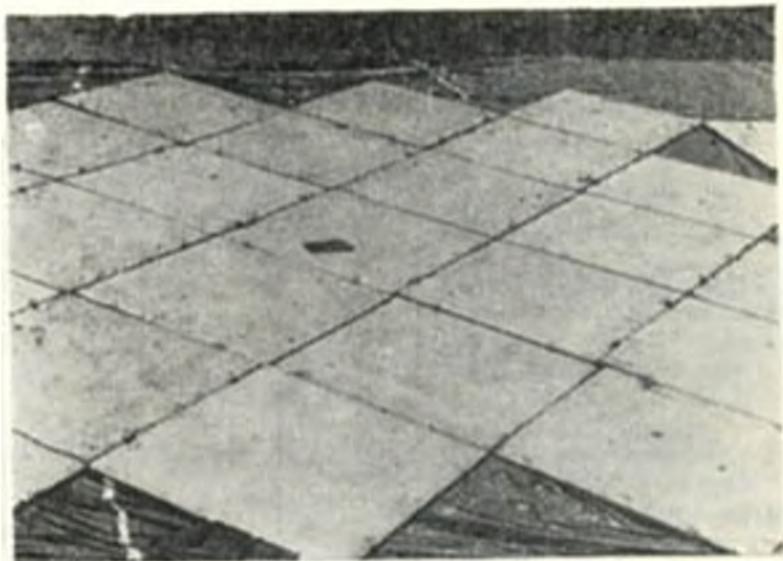
Бутилкаучуковая герметизирующая мастика ЦПЛ-2 представляет собой также двухкомпонентную высоковязкую композицию на основе бутилкаучука и вулканизирующих агентов. Стоимость 1 кг — 2,3 руб. Нужно подчеркнуть, что наряду с положительными качествами ЦПЛ-2 обладает большой объемной усадкой (более 10—15%), что ограничивает возможности ее применения.

Технология склеивания требует тщательной подготовки контактных поверхностей, высокой точности операции. Это обуславливает необходимость пооперационного контроля за качеством материалов и соблюдением параметров температурных, влажностных и других режимов.

В Узбекистане тиоколовые мастики применялись в опытном порядке. На Паркентском канале Ташкентской области АМ-0,5 прогерметизированы швы протяженностью 12 тыс. пог. м., КМ-0,5 — 5 тыс. пог. м., полиизобутиленом — 2,5 тыс. пог. м. АМ-0,5 применен также в Голодной степи (около 10 тыс. пог. м.), на Каршинском магистральном канале (2 тыс. пог. м.)

Герметизирующие материалы имеют ряд недостатков:

прокладки из поронизола могут применяться только в обжатых стыках с достаточно гладкими и совпадающими по контуру поверхностями бетона,



Сборная железобетонная облицовка с самоуплотняющимися швами.

тиоколовые и силиконовые герметики дороги, требуют квалифицированного труда при заделке стыков и могут наноситься только при положительных температурах воздуха,

стыки из бутилкаучуковых герметиков типа ЦПЛ-2 должны выполняться в два приема: часть мастики наносится после вулканизации герметика, уложенного по торцам стыкуемых поверхностей,

оклеенные стыки менее надежны, чем наполненные, их выполнение трудоемко.

Но эти недостатки можно устранить.

Чтобы увеличить эксплуатационную надежность гидротехнических сооружений, понадобилось создать спецбетоны с использованием полимерных смол — полимербетон, полимерцементный бетон, бетонополимер, полимерсиликатбетон и другие.

Полимербетон на основе фурановых смол применен на горных водозаборных сооружениях в качестве износостойчивой облицовки. В 1959 г. сотрудники лаборатории новых строительных материалов САНИИРИ с Н. Н. Остер-Волковым впервые выполнили укладку полимербетона из мономера ФА на плотины Верхне-Чирчикского и Пальманского водных узлов.

В 1961 г. на Беш-Алышской плотине впервые в практике гидротехнического строительства из пластобетона выполнен весь элемент плотины — создана износостойчивая облицовка водослива взамен базальтовой. После семилетней эксплуатации пластобетонная облицовка находилась в хорошем состоянии.

В 1962 г. пластобетон уложен в двух пролетах плотины Сарыкурбан, расположенной на предгорном участке р. Соха. Эта плотина

Таблица 68

Характеристика физико-технических полимербетонов

Показатель	Эпоксидные	Эпоксидно-фурановые	Эпоксидно-винилэфирно-угольные	Эпоксидно-тиоколовые	Полиэфирные	Инденокумерановые	Фурановые	Карбамидные	Карбамидно-фурановые
Объемный вес, г/см ³ (в зависимости от наполнителей)	1,8—2,4	1,8—2,4	1,8—2,4	1,8—2,4	1,8—2,4	2,1—3,35	2—2,4	2—2,4	1,8—2,4
Предел прочности, МПа при сжатии	80—150	60—100	70—150	60—120	60—120	10—97	90—120	60—80	70—90
при растяжении	10—30	6—17	12—40	15—20	10—20	7—12	18—20	10—12	10—18
при изгибе	20—40	10—18	20—50	20—40	15—20	12—23	29—40	10—18	10—22
Модуль деформации, МПа 10 ⁻⁴	1—1,5	1,2—2,4	0,8—1,1	0,5—1	1,6—2,6	0,3—1	1,8—2,4	1,6—1,8	1,8—2,2
Удельная ударная вязкость, Па	4—8,8	1,5—5,5	3—6	6—10	2—6	1—3,5	2,8	3—4	3—4
Водостойкость	0,8—0,9	0,7—0,8	0,7—0,8	0,8—0,9	0,8—0,9	0,7	0,7—0,9	0,7—0,8	0,7—0,8
Химическая стойкость в щелочах	0,9—1	0,9—1	0,9—1	0,9—1	0,9—1	0,8	1	0,8	0,8
в кислотах	0,6—0,9	0,6—0,8	0,6—0,9	0,6—0,9	0,7—0,9	0,7	0,7—0,8	0,8	0,8
в органических растворах	0,3—0,6	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—0,6	0,4—0,5	0,2	0,3—0,6	0,3	0,3
Усадка, %	0,01—0,08	0,02—0,3	1—1	0,1—0,8	2—6,5	0,1—0,2	0,1—2	0,3—2	0,5—2
Теплостойкость, С°	150—300	180—300	150—300	180—250	150—250	—	200—300	150—300	150—300
Твердость по Бринелю, Па	70—90	50—70	60—70	50—70	40—60	16—26	35—45	30—40	30—40

работает в тяжелых условиях. Многолетние наблюдения показали, что даже сталь подвергается здесь истиранию на 1,5—2,0 мм в год. После 6-летней эксплуатации полимербетон снизил прочность на 30%, отмечены трещины и отрыв от коренных пород.

Полимербетон на мономере ФА применен на следующих гидротехнических сооружениях в Средней Азии: на Гиссарской плотине на р. Душанбедарья, Арысь-Туркестанском водном узле на участке Караснай и на Яккабагском гидроузле на р. Яккабагдарья.

В 1972—1973 гг. впервые в отечественной и зарубежной практике сборная полимербетонная облицовка применена на Гавасайской плотине (Наманганская область).

Большой вклад во внедрение полимеров внесли Н. П. Остер-Волков, Н. М. Елшин, Б. П. Минкевич, Х. У. Мухамедов и др.

Значительно расширен ассортимент пластобетона на полимерных связующих и бетона на фенольных, фурановых, полиэфирных, эпоксидных смолах и их композициях (табл. 68).

В условиях сухого и жаркого климата для получения бетона высокого качества применяются различные пластифицирующие добавки. Введение в состав бетона добавки ВРП-1 (воднорастворимый полимер), СНВ в количестве 0,015—0,025% веса цемента позволяет сократить его расход в пределах 10—12%. Прирост прочности к 7 и 28 суткам составляет примерно 15% контроля (без добавки).

Пластифицирующие добавки уменьшают ВЦ, увеличивают пластичность и влияют на гидратацию цемента. Так, добавка аннионного полиэлектролита АП-11-Щ в количестве 0,16% веса цемента, помимо существенного улучшения технологических и эксплуатационных свойств смесей и затвердевшего бетона, способствует резкому увеличению прочности за счет ускорения процессов гидратации и влияния на форму новообразований гидросиликатов игольчатого типа.

Добавки этого типа на Наусском КСМ оказались высокоэффективными, что дало возможность сократить расходы цемента на 15% при сохранении и даже улучшении свойств по сравнению с исходными составами.

Интересные исследования (Н. К. Касимов) проведены по созданию труб для коллекторов из бетонополимеров (пропитанный полимером обычный бетон). Они проходят производственные испытания и могут найти широкое применение.

Обладая хорошими физико-механическими свойствами и высокой стойкостью к агрессивным средам, строительные материалы из полимеров все шире используются в водозащитном строительстве в качестве материала для ремонта бетонных конструкций. В качестве связующего в полимерной композиции для ремонта широко применяют эпоксидные смолы. Это искусственно получаемые жидкие, вязкие или твердые продукты конденсации в результате реакции хлорирован-

ных глицеринов с фенолами в щелочной среде.

Самые распространенные эпоксидные смолы — ЭД-5 и ЭД-6 имеют вид сиропообразной жидкости светло-желтого или коричневого цвета. Их применяют в химических соединениях с отвердителями. Смолы с введенными в нее отвердителями и другими веществами называется компаундом. В состав компаунда могут также входить пластификаторы и наполнители. Отвержденные смолы могут использоваться при температуре от -50 до $+150^{\circ}\text{C}$. У компаундов на основе смол ЭД-5 и ЭД-6 и полиэтиленполиамина предел прочности при сжатии $1000-1200$ кг/см², а при изгибе — $900-1000$.

Поскольку эпоксидная смола дорога, предложен ряд ее модификаций; одна из них — клеящая эпоксидно-кумароновая композиция КБ-2. Стоимость ее в два раза ниже, чем эпоксидной смолы.

Для ремонта изделий из железобетона (трубы напорные, центрифугированные, лотки параболические, плиты облицовочные и др.) и керамики (трубы дренажные и канализационные), имеющих трещины, применяются композиции на основе эпоксидной смолы и композиции КБ-2. Перед заделкой трещина раскрывается на ширину, обеспечивающую нормальные условия наполнения ее на полную глубину компаундом. Глубина разделки трещины зависит от характера ее и места расположения. Подготовленные к ремонту изделия должны быть сухими, трещины очищены от пыли.

Укладка компаунда должна вестись при температуре не ниже $+15^{\circ}\text{C}$, при более низкой процесс полимеризации сильно замедляется. Необходимо постоянно следить за качеством компаунда. Отремонтированные изделия транспортируются через 8—12 час. после заделки.

В центральной строительной лаборатории Голодностенстроя с помощью компаундов указанного состава проведено наращивание бортов железобетонных лотков армированными плитами. Оно обеспечивает повышенную пропускную способность на участках, подвергающихся просадке, позволяет вести нормальную эксплуатацию всей лотковой трассы, что дает значительную экономию средств по сравнению с демонтажом и исправлением лотковых каналов.

В Ферганском отделе НИИИМ (Ю. М. Маматов, Н. М. Елшин, Х. С. Абдужабаров) разработаны фурано-эпоксидные смолы. Они вдвое дешевле чисто эпоксидных и вместе с тем обладают хорошими физико-механиче-

скими свойствами, предназначены также для ремонтных работ.

Для подпочвенного орошения используются в основном перфорированные трубы из полиэтилена диаметром 20—40 мм. Проходят также испытания гладкие трубки заводского изготовления с точечной перфорацией (3 см²/пог. м), гофрированные с точечной перфорацией (4 см²/пог. м.), гладкие диаметром 40 мм с щелевой перфорацией (7 см²/пог. м), а также трубки с разреженной перфорацией, в которых просверленные отверстия имеют значительно меньшую площадь, чем в заводских.

В Голодной степи из полиэтиленовых трубок устроено более 250 км подпочвенных оросителей. Один из первых опытов применения полиэтиленовых труб для закрытых оросительных систем — строительство участка самотечно-запорной оросительной сети в Голодной степи, где уложены полиэтиленовые трубы диаметром 324 мм на глубину 0,8 м на площади 210 га; протяженность трубопровода — 2300 м.

С успехом, особенно в Голодной степи, используется конструкция гибких оросительных трубопроводов из капроновой ткани, пропитанной с двух сторон композицией на основе полиизобутилена. Трубы соединяются путем склеивания внахлестку.

Нужно отметить существенные недостатки полимерных труб. Они дефицитны и дороги, конструкция их не позволяет в полевых условиях производить сварку, им присуща хладотекучесть при постоянно действующих нагрузках совместно с водой, что послужило причиной разработки САННИРИ технологии изготовления жестких труб из наполненных полимерных композиций.

Разработана технология изготовления тонкостенных дренажных труб диаметром 150—200 мм из полимерного раствора. Трест «Узоргтехводстрой» на основе проработок САННИРИ запроектировал автоматическую установку и схему завода по центрифугированному формованию дренажных труб производительностью 100 км в год.

Необходимо отметить, что выбранное направление — применение полимербетонов для формования тонкостенных конструктивных элементов — открывает широкие перспективы получения качественных, экономически выгодных дренажных труб.

Для изготовления труб применяются фурановые, мочевино-формальдегидные смолы. Фурановые смолы получают на основе фурфурола и ацетона или фурфурола и фурфуролового спирта. Распространение получили фур-

фурил-ацетоновые смолы — ФА, ФАМ, 2ФА, 3ФА, 4ФА, ДИФА и др. По разработкам САННИРИ, можно получить фурановые смолы и путем механического перемешивания фурфурола с различными добавками, например, дифениламинов с их отходами с карбамидом, которые выгодно отличаются от предыдущих. Твердение фурановых смол производится кислотными отвердителями.

В качестве наполнителя для полимербетонов используют кислотостойкий песок (андезит, гранит, габбро, кварцевый песок).

Полимербетон на основе фурановых смол имеет высокие физико-механические и физико-химические показатели. Прочность его достигает 1100—1200 кгс/см², он мало подвержен истиранию (при 600 м пути теряет 0,02—0,07 г/см²), водостоек.

С 1979 г. планируется выпуск полимербетонных труб на фурановой смоле диаметром 500 мм, длиной 5 м для устройства коллекторов в условиях Средней Азии. Трубы будут изготавливаться способом наворачивания с армированием стеклотканью, как напорные (до 15 атм), так и безнапорные.

Завершились опытно-промышленные исследования по изготовлению труб из полимербетона на основе карбамидной смолы — УКС (унифицированная карбамидная смола). Трубы изготавливаются способом центрифугирования, они предназначены для отвода сильноминерализованных вод в коллекторах. Длина — 5 м, внутренний диаметр — 500 мм, толщина стенок — 50 мм. Они рассчитаны для укладки в траншею глубиной до 5 м.

В комплексе мелиоративных работ планировка поверхности полей занимает одно из ведущих мест, так как она обеспечивает следующие условия для возделывания сельскохозяйственных культур: наиболее полное использование орошаемой площади, равномерное увлажнение почвы в пределах всего участка при минимальных потерях воды, увеличение производительности труда при поливе, комплексную механизацию возделывания сельскохозяйственных культур, предупреждение засоления почв при орошении и борьбу с ним, повышение урожайности, снижение себестоимости продукции.

Объем планировочных работ в значительной степени определяется рельефом местности.

Планировка делится на следующие виды: капитальная (строительная), эксплуатационная (текущая, т. е. ремонтно-восстановительная) и предпосевная. Для орошения земель существующими способами поверхностного полива необходимо получить плоский рельеф, позволяющий вести равномерный полив и для этого провести перемещение грунта (срезка выступов, засыпка понижений).

В начальный период эксплуатации спланированных новых и залежных земель происходит неравномерная осадка, интенсивность которой зависит от физико-механических свойств почвогрунтов. Исследования этого вопроса в Узбекистане вели ВНИИГиМ и САИМЭ.

При проектировании и производстве планировочных работ в пылеватых грунтах необходимо учитывать, что скреперы уплотняют грунт колесами с общей осадкой поверхности до 10 см. Осадка зависит от влажности верхнего слоя грунта 30 см.

При транспортировке сухого грунта от участка срезки к месту засыпки пылеватый грунт через зазоры теряется в объеме до 5%.

Послойное возведение насыпей в пониженных местах производится с уплотнением транспортными средствами. Плотность насы-

пи доходит до 1,60—1,65 г/см³ (естественная плотность грунта 1,38—1,41). Это учитывается в проекте при сведении баланса земляных масс. В проектах планировки срезка должна превышать объем насыпи на 10—15%.

При выполнении планировочных работ в сухое время года плотность грунта в зоне подсыпки меньше плотности естественного грунта, поэтому после первых поливов или выпадения обильных осадков происходят деформации поверхности спланированных полей. Величина деформации находится в прямой зависимости от толщины насыпей. Для предупреждения просадки грунта во время вегетационных поливов планировку проводят в два этапа: сначала капитальную с увлажнением, а после выявления просадок — окончательную.

Как установлено опытно-производственными расчетами в Голодной степи, на пылеватых грунтах целесообразно в летнее время перед планировкой вести разбрызгивание воды дождевальными машинами нормой 300—500 м³/га.

Средний удельный объем работ при планировке целинных и залежных земель составляет 1500—2000 м³/га, а при повторной — 450—600. Средний удельный объем работ при капитальной планировке старопахотных земель составляет 1000—1500 м³/га в зависимости от величины планируемой плоскости.

В общем объеме землеройно-планировочных работ планировка новых и старопахотных орошаемых земель составляет в среднем по республикам Средней Азии 70%. Эти работы должны выполняться в такой последовательности:

подготовка поливного участка (вспомогательные, подготовительные работы и строительная разбивка); при этом надо учесть, что между съемкой участка и производством планировки не должно быть большого перерыва, чтобы сохранились полевые знаки;

основная черновая планировка поливного участка, т. е. разработка и перемещение основных объемов грунта с повышенных мест в пониженные (выполняется скреперами и бульдозерами);

строительство внутрихозяйственной оросительной, коллекторно-дренажной и полевой дорожной сети;

окончательная отделочная планировка поливного участка (выполняется длиннобазовыми планировщиками);

проверка качества, прием и сдача выполненных работ.

Основные требования к планируемым участкам. Планировка и строительство постоянной оросительной, коллекторно-дренажной сети и гидротехнических сооружений проводятся комплексно. На новых целинных и залежных землях планировка ведется круглый год, за исключением сильнозасоленных земель и земель с близким залеганием грунтовых вод, освоение которых ведется в течение апреля — мая.

На особо сложных рельефах для уменьшения объема планировочных работ можно принять волнообразную поверхность в поперечном направлении с длиной скатов не менее 100 м и сохранением однозначного уклона в пределах площади командования временного оросителя. Нельзя допускать перелом уклонов на планируемых участках в направлении полива в пределах длины поливных борозд.

Если поливной участок включает песчаные бугры (барханы) площадью до 0,5 га и высотой до 2 м каждый, следует их переместить в резервы, заложенные вблизи для возведения насыпей распределительных каналов и дорог, или в специальные котлованы-понижения. Песчаные поверхности закрываются грунтом.

Поливные участки, поверхность которых состоит из песков и легких супесей, после планировки поливаются.

Требования к поверхности орошаемых земель. В зависимости от предусматриваемой техники полива, вида орошаемых культур при одинаковых рельефах и почвенно-грунтовых условиях может потребоваться различная степень выравнивания поверхности поливных участков. Состав орошаемых культур и некоторой степени определяет технику поливов. Так, рис обычно выращивается при затоплении, пропашные культуры, сады, как правило, поливают по бороздам, травы — по полосам, овощные культуры и хлопчатник — по бороздам, частично — способом дождевания.

С учетом особенностей способа полива выдвигаются требования к выравниванию поливных участков. Для орошения риса необхо-

димо иметь горизонтальные поливные участки (чекки); самотечное орошение по бороздам и полосам наиболее целесообразно при поверхности поливных участков, наклонной в направлении поливов.

Существуют две разновидности полива по бороздам, отличающиеся по характеру увлажнения: полив по сквозным бороздам малой струей и по тупым бороздам сравнительно большой струей. В первом случае почва увлажняется постепенно по мере продвижения струи по борозде, во втором вода быстро заполняет борозду, оканчивающуюся перемычкой, и увлажнение почвы происходит за счет просачивания скопившейся в борозде воды. Борозды располагаются на наклонной поверхности. Создаются благоприятные условия для равномерной подачи воды во все борозды, чем достигается равномерное смачивание всего поля.

По другому способу бороздкового полива из оросителя или выводной борозды с нулевым уклоном вода подается в постоянные поливные участки с горизонтальным поперечным уклоном. Уклон вдоль борозды должен быть равномерным, без перегибов плоскости.

К поливным участкам при планировке их следует предъявлять следующие требования. Идеальная поверхность участков для полива по бороздам должна представлять собой однородную наклонную плоскость с продольным уклоном, допускающим возможность полива по бороздам наибольшей длины без заметной эрозии их русла, и поперечным уклоном, не превышающим предельных размывающих скоростей для постоянной или временной оросительной сети (выводные борозды). Для средних почв продольные уклоны, отвечающие поставленной задаче, должны быть в пределах 0,002—0,008. Поперечные уклоны при устройстве оросителей в земляном русле не должны превышать 0,003—0,004.

В случае необходимости проведения промывок уклон в поперечном направлении относительно оросителя должен быть равномерным в пределах 0,0005—0,0010, продольный уклон вдоль оросителя — нулевой или близкий к нему.

Планировка орошаемых посевных участков должна производиться так, чтобы отклонение отметок спланированной поверхности от проектной составляло не более ± 5 см. Такую поверхность можно назвать оптимальной для орошаемых участков, удовлетворяющей требованиям бороздкового полива.

На целинных землях в летне-осенний период высокие температуры воздуха и длительное отсутствие осадков способствуют высыха-

нию почвогрунтов. При разработке такой грунт распыляется, ухудшается его структура и увеличивается сопротивление резанию.

Для нормальной работы землеройной техники влажность почвогрунтов должна быть не ниже 8—10%. Для этого на планируемых участках проводят предварительные полные дождевальными машинами с применением передвижных насосных установок.

Увлажнение грунта может быть произведено по рекомендациям ВНИИГиМ дождевальными установками ДДН-70, работающими по схеме бесканального питания с забором воды из постоянной оросительной сети. Для этого необходимо строить оросительную сеть, опережая планировочные работы. Увлажнение грунта позволяет улучшить условия труда, сократить потери при его транспортировке скреперами, снизить усилие, необходимое для срезки грунта при наборе ковша, т. е. повысить производительность скреперного парка. Подобная схема применялась в Голодной степи.

Особо плотные грунты (III категория и выше), встречающиеся местами галечники и другие трудно разрабатываемые участки рекомендуется предварительно разрыхлять. Для этого можно применять прицепные (Д-162А) и навесные (Д-515А) рыхлители, а также бульдозеры, отвалы которых снабжены зубьями-рыхлителями. Грунт необходимо разрыхлять глубокими бороздами вдоль направления движения бульдозеров и скреперов по круговой и челночной схеме.

РАБОТА АГРЕГАТОВ ПРИ ОСНОВНОЙ ПЛАНИРОВКЕ УЧАСТКОВ

Наиболее простая и эффективная схема производства земляных работ при основной планировке участков — челночная с минимальным количеством поворотов механизмов; разработку и отсыпку грунта можно также производить прямолинейными последовательными ходами механизмов вдоль полос, ограниченных створами строительной разбивки (от краев полосы к середине), а груженный и порожний ход направлять по кратчайшим расстояниям без нарушения разбивочных знаков (рис. 87).

Бульдозеры применяются в основном при засыпке старых каналов, выравнивании отвалов и кавальеров, перемещении большого объема грунта при планировке и подобных работах.

Разработку и перемещение грунта на участках с относительно спокойным рельефом необходимо проводить по искусственному

коридору, на участках со сложным рельефом и большими удельными объемами — траншейным способом; при перемещении грунта на расстоянии более 50 м следует образовывать промежуточные валики, затем перемещать их к месту отсыпки.

Перемещение грунтов с меньшими потерями достигается при совместных рейсах двух спаренных (рядом стоящих) бульдозеров, тогда объем перемещаемого грунта и производительность увеличивается на 10—15%.

В зависимости от дальности перемещения грунтов рекомендуются следующие бульдозеры: от 10 до 50 м ДТ-54А, от 20 до 60 м ДТ-75 и Т-74, от 40 до 80 м С-100 и Т-100М.

Для послойной разработки при планировке применяются скреперы в качестве основного орудия. По данным вертикальной крупномасштабной съемки составляются рабочие планы.

Прицепные скреперы с ковшом емкостью до 3 м³ выгодно использовать при перевозке грунта на расстояние до 400 м, а с ковшом 6—8 м³ — до 600 м.

В зависимости от структуры и категории грунта необходимо применять многорядный и шахматно-ступенчатый способы наполнения ковша скрепера.

С учетом конфигурации участка, расположения мест срезов и насыпи, способа разработки грунта при планировочных работах рекомендуются следующие схемы движения скрепера:

движение по прямой со срезкой грунта с повышенных мест и разгрузкой его в пониженных местах;

движение по замкнутой эллиптической кривой (в основном для прямоугольных участков);

движение восьмеркой для квадратных и близких к ним по форме участков больших размеров (прямоугольных, трапецидальных со сложной конфигурацией),

зигзагообразное движение для участков длиной более 300 м сложной конфигурации с рассредоточенными контурами срезов и подсыпок.

Чтобы получить достаточно ровную поверхность, отвечающую проекту, необходимо выполнить отделочную планировку участка. Эта работа выполняется грейдерами, в основном длиннобазовыми планировщиками. Перед грейдерной работой рекомендуется провести вспашку всего поливного участка на глубину 20—25 см.

В зависимости от длины гоня, размеров участка и его конфигурации предлагаются следующие схемы движения планировщика:

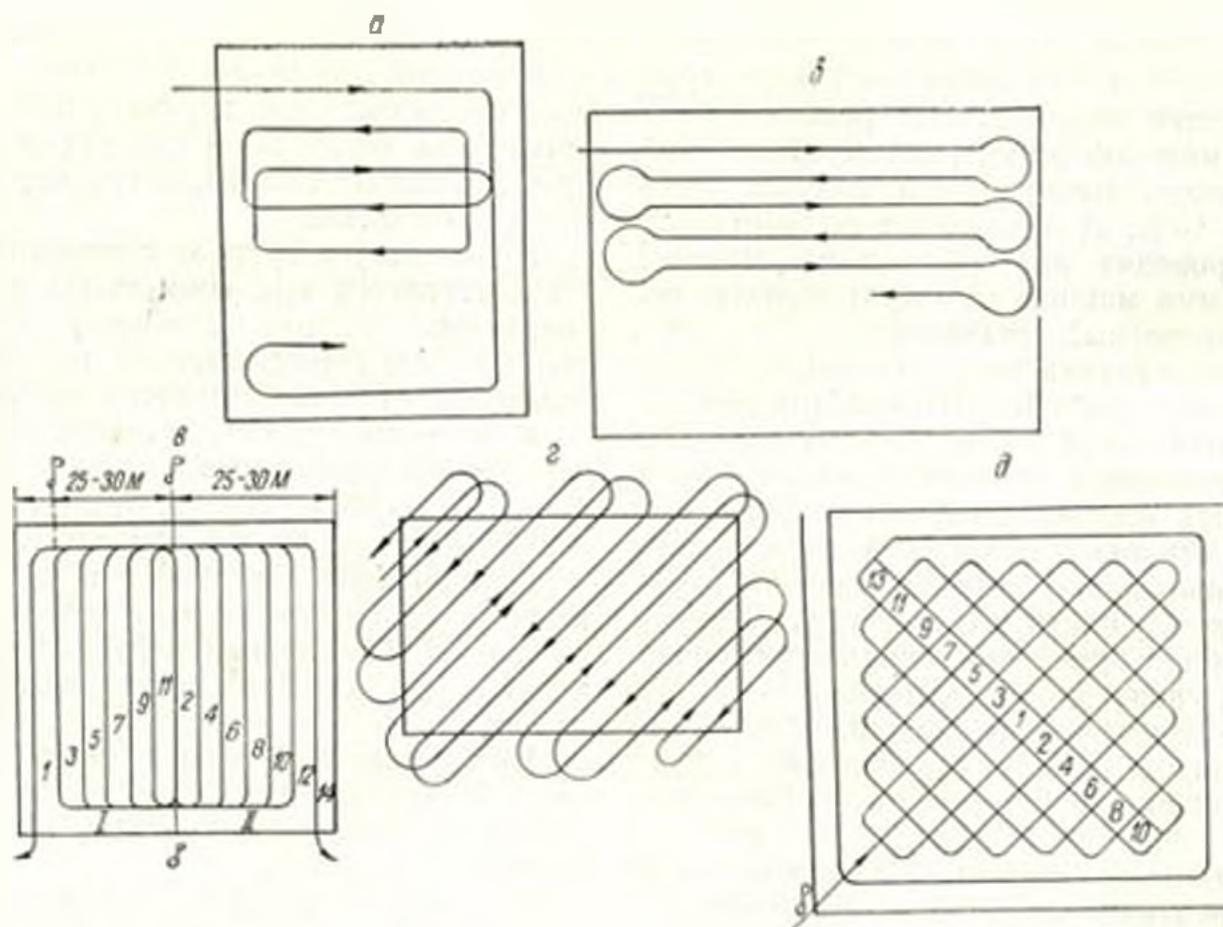


Рис. 87. Схема работы трактора при планировке земель (а — круговая, прицепной рыхлитель, б — челночная, навесной рыхлитель, в — комбинированная, г — диагонально-комбинированная, д — диагонально-перекрестная).

комбинированная (гоновая) на участках любой конфигурации; при первом проходе тракторист ведет агрегат от края поля на расстоянии половины ширины захвата агрегата, каждый последующий проход перекрывает предыдущие на 0,5 м. На поворотах концы планировщика из рабочего положения не выключаются, что обеспечивает хорошую планировку поворотных полос;

диагонально-комбинированная на участках удлиненной формы при высоте неровностей до 10—12 см; агрегат движется под углом к направлению пахоты, поверхность поля лучше выравнивается, чем по комбинированной схеме;

диагонально-перекрестная схема движения на участках со сложным микрорельефом при высоте неровностей до 20 см; наиболее удобна при квадратной форме участков или близкой к ней, где можно выполнять поворот на 90°; поле получается спланированным в два следа в различных направлениях, уплотнение и распыление почвогрунта на поворотной полосе минимальное.

Во всех случаях последний проход планировщика должен совпадать с направлением будущего полива.

В условиях Голодной степи в хлопководхозах № 1, 4, 5, 6, и 17 Голодноостепного, а также в опытном хозяйстве САИМЭ доказана эффективность планировки под углом к направлению всашки, т. е. по диагонали. Выравниваемость составляет 30,2%, а при планировке по направлению пахоты и поперек ее — 14,7 и 12,8%.

В зависимости от характера поверхности требуется 2—3 прохода планировщика по одному следу, большее количество проходов планировщика не дает нужного эффекта.

При первом проходе планировщика по предварительно вспаханному участку режущая кромка ножа ковша должна быть выше опорной плоскости колес на 3—5 см в зависимости от состояния почвы, при последующих проходах нож снижается и доводится до нуля.

Желательно, чтобы при работе планировщика положение ковша не менялось. При временных перегрузках ковша, вызывающих буксование трактора, допускается его поднятие, при этом он частично освобождается от почвы, затем его необходимо перевести в первоначальное положение.

Эксплуатационная текущая планировка проводится как обязательное агротехническое



Планировка земли.

мероприятие ежегодно перед посевом сельскохозяйственных культур с целью ликвидации малых неровностей.

Основные неровности на поливных участках перед посевом — свальные гребни, развальные борозды, неровности, образуемые при вспашке поворотных полос и от размывов почвы во время поливов, а также неровности, являющиеся остатками временной оросительной сети.

Текущую планировку полей необходимо осуществлять в два этапа, первый — разравнивание свальных гребней, развальных борозд и других крупных неровностей, второй — сплошная предпосевная планировка для выравнивания всей поверхности поля.

На первом этапе применяются машины и механизмы грейдерного типа: навесные грейдерные ножи ГН-2,8, ГН-4, грейдеры типа Д-241, Д-20БМ, длиннобазовые планировщики П-2, 8А, ПА-3, Д-719, а также палоделатели КЗУ-0,3 со скреперной стенкой. Предпочтение следует отдавать специальным орудиям-планировщикам.

На втором этапе планировки используются разравниватели типа волокуш: планировщик-разравниватель ВП-8, ПР-5, КЗУ-0,3, малый разравниватель МВ-6,0, ПМ и др.

Рабочие органы планировочного орудия устанавливают в зависимости от условий планировки. На грейдерах типа Д-241 и Д-20БМ при разравнивании свальных гребней и развальных борозд отвал ножа устанавливают под

углом 30–35°, а углы среза 60–65°. На грейдере-палоделателе КЗУ-0,3 со скреперной стенкой, навесном планировщике с грейдерным плугом и других машинах рабочие органы устанавливают так, чтобы на ровной площадке они касались поверхности поля по всей ширине захвата.

В тех случаях, когда созданная капитальной планировкой поверхность поля деформирована настолько (до 20 см), что предпосевное выравнивание не может ликвидировать неровностей, следует проводить ремонтно-восстановительную планировку (при объеме грунта 300–350 м³/га). Эта работа в основном выполняется длиннобазовыми планировщиками.

Сроки выполнения текущей планировки оказывают большое влияние на темпы посевных работ. Так, выравнивание свальных гребней и засыпка развальных борозд весной, в особенности на переувлажненной почве, приводит к отставанию развития растений. При планировке машинами с рабочими органами ножевого типа в местах среза образуется уплотненная и пригладенная поверхность, которая после просыхания превращается в твердую корку, препятствующую нормальному развитию растений. Поэтому на посевных площадях засыпку развальных борозд, выравнивание свальных гребней и других неровностей следует проводить при спелом состоянии почвы, т. е. при влажности ее 15–16%, и лучше выполнять эту работу с осени



Бульдозеры на выравнивании территории.

после пахоты. Засыпку разпальных борозд надо делать равномерно по всей длине, не насыпая бугров и не оставляя выемок на отдельных участках.

Сплошную предпосевную планировку участков с небольшими срезами слоев почвы производят весной при предпосевной обработке почвы под хлопчатник и другие сельскохозяйственные культуры.

При эксплуатационной (текущей) и предпосевной планировке все неровности поля выше ± 5 см подлежат выравниванию. Чтобы на посевных участках не возникало уплотнения почвы, планировку рекомендуется производить за 1, а в исключительных случаях (сложный характер рельефа) — за 2—3 прохода орудия при спелом состоянии почвы.

В зависимости от характера неровностей поля первый проход необходимо выполнять диагональным или диагонально-перекрестным способом, а второй — по направлению полива. На участках с шириной карты менее 100 м допускается планировка в продольном направлении.

Подготовка полей к промывным и запасным поливам. В хлопкосеющих республиках Средней Азии на долю засоленных земель приходится около 40% орошаемых площадей. Наиболее действенное средство удаления из почвы избытка солей — промывные поливы. В многовековой практике орошения засоленные земли промывали путем затопления небольших делянок (чеков).

Для достижения высокой эффективности рассоления земель очень важно правильно подготовить поля к промывным поливам.

Необходимо, чтобы каждый промывной чек был прямоугольной формы и заполнялся промывной водой из картового оросителя.

Подготовка полей к промывным поливам включает следующие работы: вспашка, планировка, поделка валков и временной оросительной сети.

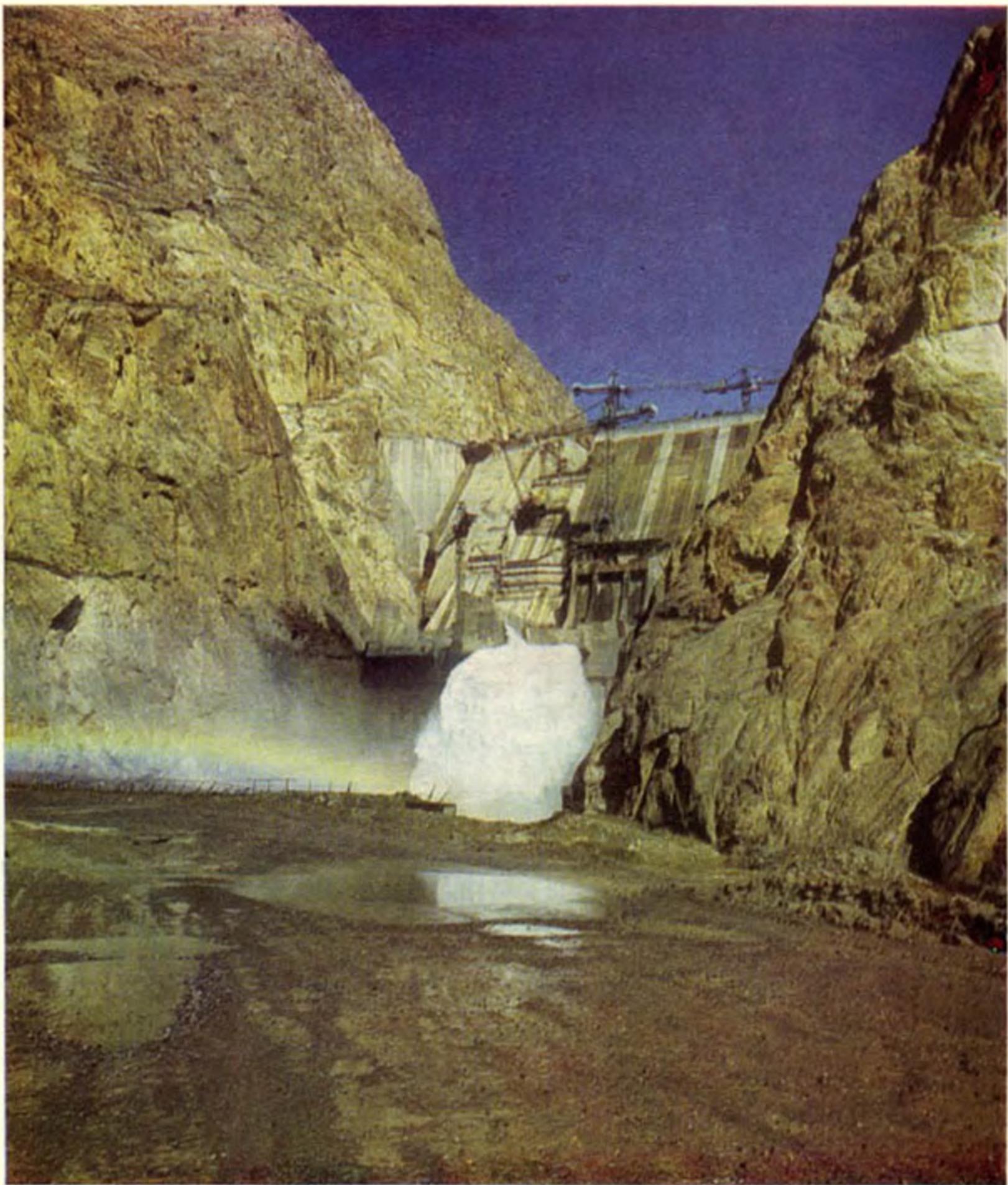
Успех промывок в большой мере зависит от размеров делянки: на поделку валков для мелкой делянки требуются излишние затраты труда, чрезмерно крупную делянку трудно равномерно залить. Поэтому на почвах с ровным рельефом и высокой водопроницаемостью делянки должны быть размером 0,15—0,2 га, а на таких же почвах, но с плохо выравненным рельефом — 0,1—0,15 га. На почвах со слабой и средней водопроницаемостью с ровным рельефом величина делянки должна быть 0,2—0,25 га, на таких же почвах с плохо выравненным рельефом — 0,15—0,1 га.

При уклоне местности более 0,001 в случае недостаточной планировки делянки нужно располагать по горизонтали, чтобы широкая сторона делянки проходила поперек уклона, а узкая — вдоль уклона. Такое расположение делянок с учетом рельефа дополняет планировку и обеспечивает равномерное заполнение их водой.

Подготовка поля к промывным поливам должна проводиться в такой последовательности:

вспашка плугами с предплужниками на глубину 25—30 см,

разравнивание свальных гребней и развальных борозд,

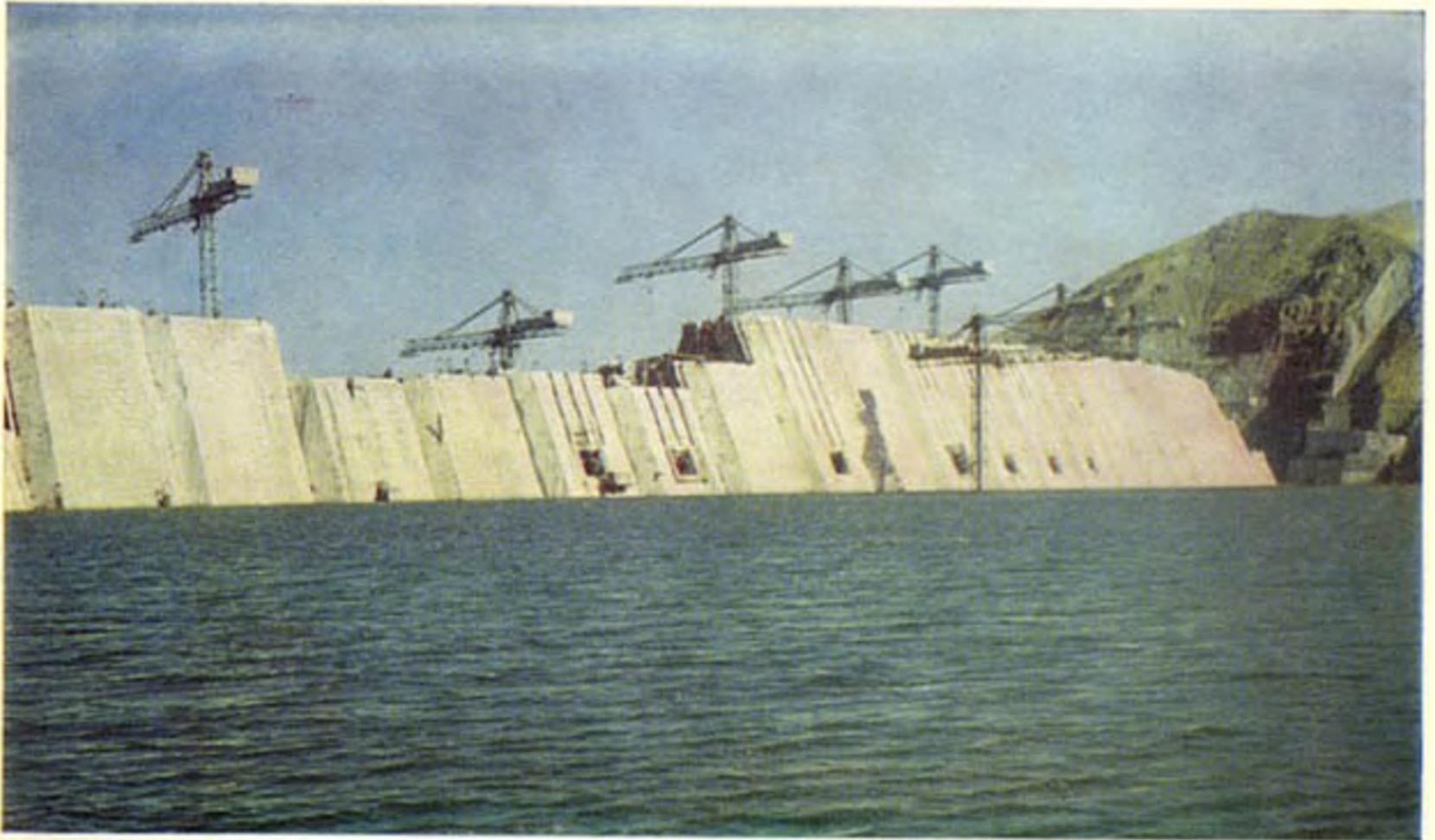


Токтогульская плотина и ГЭС на р. Нарын. Киргизия, 1977 г.



Строительство плотины Анд-
джанского водохранилища.
Июль 1978 г.





Строительство плотины Анд-
жанского водохранилища.
Июль 1978 г.





Ташкентская водозаборная плотина на Карадарье.



Пальманская водозаборная плотина на Исфайрамсе.



Каркидонское водохранилище на Кувасае.

Водовыпуск из Каркидонского водохранилища.





Южно-Ферганский канал (ЮФК). Ферганская область.



Главное сооружение Анджаисай.



Западно-Арсифская насосная станция на ЮФК, Ферганская область

Восточно-Арсифская насосная станция.





Большой Ферганский канал
им. Усмана Юсупова (БФК).



Вододелитель БФК—БАК
(Большой Андижанский канал).

Консольный сброс на БАКе
перед дюкером через Кара-
дарью.

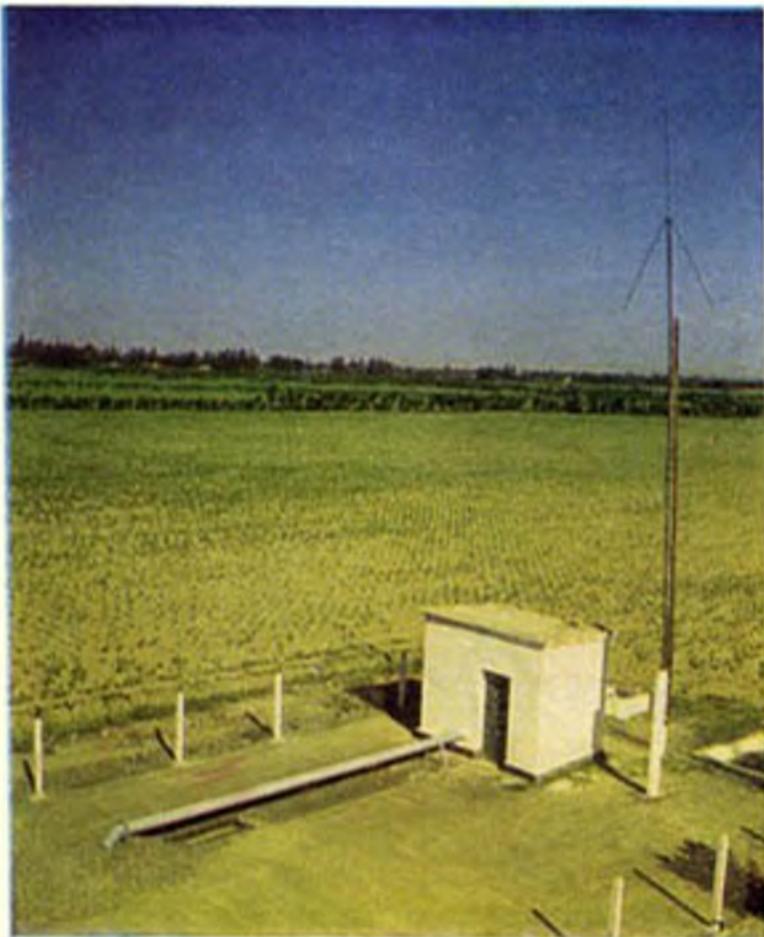


Северный Ферганский канал (СФК).



Музей У. Ю. Юсупова в селении Каптырхана. Ферганская область.

Радиоуправление скважинами вертикального дренажа в Ташлакском районе. Ферганская область.



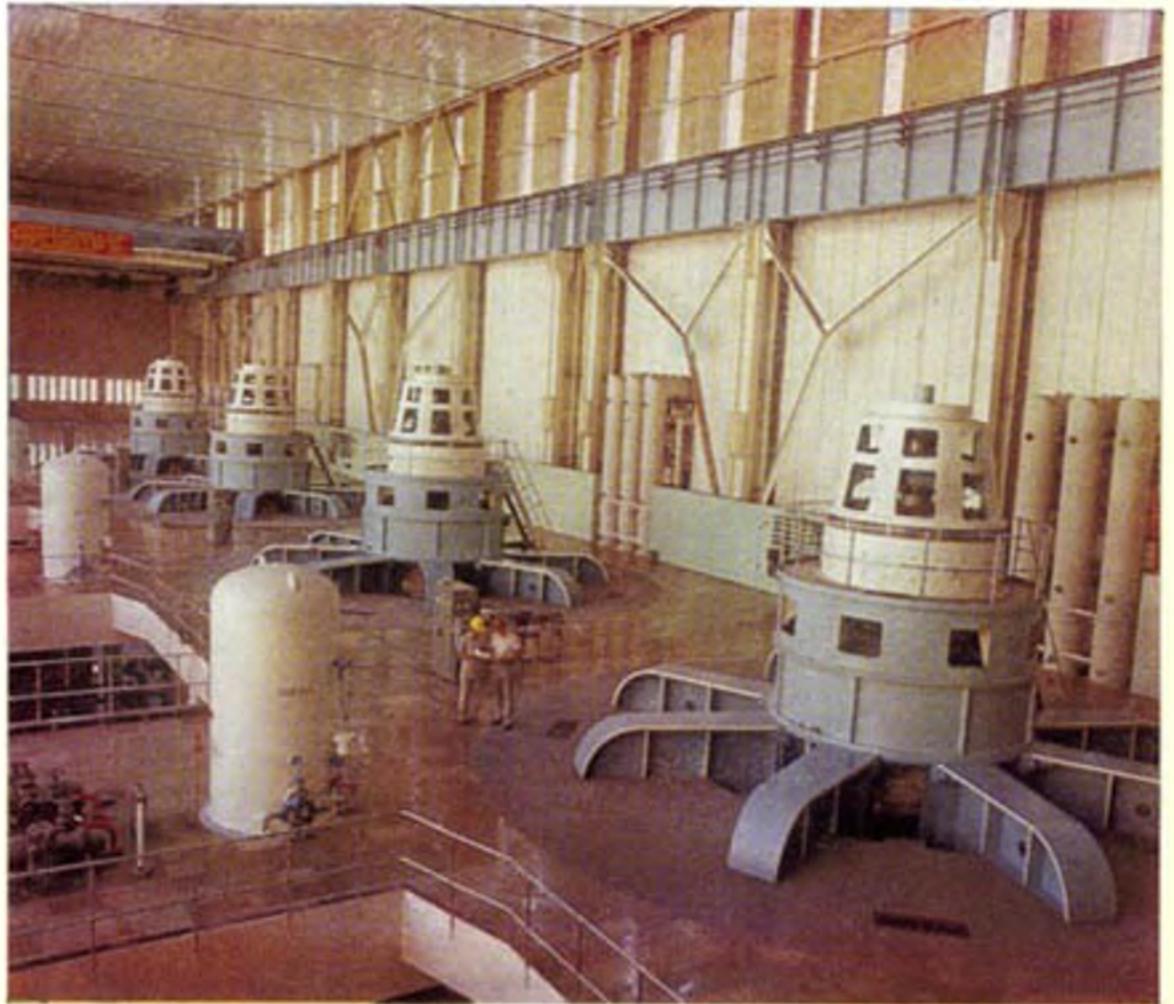
Чарвакская плотина на
р. Чирчик.



Чарвакское водохранилище.



Чарвакская ГЭС.





Ташкентское водохранилище на р. Ахангаран.





Ташкентское водохранилище: водосброс и водовыпуск в Правобережный канал.





Центральная диспетчерская
на Верхнечирчикском узле,
пульт управления каналом.
Левобережное Карасу.





Ахангаранское водохранилище на р. Ахангаран.



Канал Анжор в Ташкенте

сплошное выравнивание поля планировщиками или грейдерами,

нарезка валиков продольных и временных оросителей палоделателями КЗУ-0,3 или ПР-0,5,

нарезка поперечных валиков теми же орудиями.

После промывных поливов для предотвращения выноса солей в верхние горизонты нужно быстро разравнивать валики, с наступлением спелости почвы провести рыхление бороной зиг-заг, дисковой бороной или чизелем. Рыхление почвы дисковой бороной или чизелем следует провести на глубину не более 10—12 см.

Как показывают опыты, сроки разравнивания валиков значительно влияют на качество работы машин. При запаздывании на поле образуются глыбы и крупные комки, что ухудшает качество разравнивания и способствует увеличению сопротивления орудиям.

В подготовку поля к запасным поливам входят вспашка, планировка, нарезка полевых борозд и временной оросительной сети. При вспашке и последующем выравнивании полей используются те же орудия, что и при подготовке полей к промывным поливам. В отличие от промывных поливов запасные проводятся по бороздам, которые нарезаются культиваторами через 60—120 см.

Запаздывание с уборкой урожая приводит к тому, что полевые борозды нарезают по свежевспаханной, не успевшей осесть и уплотниться почве, имеющей повышенную влажность. Колесные тракторы на такой почве работать не могут, поэтому нарезку борозд и сам запасной полив приходится оттягивать на поздние сроки. В результате почва после полива не успевает просохнуть к началу посева. Для нарезки полевых борозд рекомендуется использовать чизели УПК, КЗУ-0,3 и ЧКУ-3 с тракторами ДТ-54, Т-74, ДТ-75.

После запасных поливов планировка полей производится так же, как и при промывных. Для этого используются следующие машины и орудия:

при корчевании пней бульдозеры Д-492, Д-686,

при разравнивании старых оросителей, резервов бульдозеры Д-606, Д-686, Д-492, Д-494, ПР-0,5 и КЗУ-0,3 (палоделатели-разравниватели),

при рыхлении грунта плуги различных марок и рыхлители Д-162,

при срезке и перемещении грунта с повышенных участков в пониженные скреперы Д-374А, Д-498, Д-569, Д-498Б, для перемещения

грунта при небольшом объеме палоразравнивателя ПР-0,5 и КЗУ-0,3,

при сплошном выравнивании поверхности поля после работы скреперов грейдеры Д-241, Д-20БМ, автогрейдеры Д-598А и длиннобазовые планировщики Д-719,

при эксплуатационной планировке по выравниванию крупных неровностей после пахоты грейдеры Д-241, Д-20БМ, длиннобазовые планировщики П-2,8А, ПА-3, Д-719, навесные грейдерные ножи, палоразравниватели ПР-0,5 и КЗУ-0,3,

при устройстве оросительных каналов каналокопатели КЗУ-0,3, Д-267, КОР-500, а при очистке каналов каналоочистители КН-0,6 и ВК-1,2,

при нарезке валиков для промывных поливов и посевов риса палоделатели ПР-0,5 и КЗУ-0,3, при разравнивании валиков — вышеуказанные орудия и бульдозеры,

при сплошном предпосевном выравнивании полей планировщики типа волокуш ВП-8, ПВ-7,3, ПР-5, КЗУ-0,3В и мала МВ-6,0 и МВ-6,5.

Повышение производительности механизмов при планировочных работах может быть осуществлено двумя путями: увеличением производительности скреперов и уменьшением объемов скреперных работ за счет увеличения объемов работ, выполненных другими механизмами.

Наиболее эффективный способ увеличения производительности скреперов — применение бульдозеров-толкачей. Количество скреперов, обслуживаемых бульдозером-толкачем, зависит от расстояния перемещения грунта. При перемещении грунта на 240 м один бульдозер обеспечивает 5 скреперов. Этот способ может быть применен при больших (от 0,5 м и более) срезках.

Увеличение производительности скреперов может быть достигнуто также за счет сокращения времени загрузки ковша и увеличения объема загрузки (объем загрузки с «шапкой» для скрепера с емкостью ковша 7 м³ достигает 9 м³).

При наборе грунта ковшом скрепера тягач имеет наибольшую нагрузку. Использование толкача уменьшает нагрузку на трактор-тягач и увеличивает продолжительность его работы. В зависимости от условий работ увеличение производительности скреперов при применении толкачей может быть доведено до 20—25%.

При малых срезках, когда проектная величина срезки может быть получена за 1—2 прохода скрепера, применение толкачей не-

целесообразно. Скреперный ковш загружается на большом расстоянии при движении скрепера на малой скорости. В этом случае производительность скрепера можно увеличить путем выполнения чередующихся проходов с перебором и недобором грунта, т. е. в результате более грубой планировки.

Окончательное выравнивание грунта до проектной отметки производится грейдерами и длиннобазовыми планировщиками.

При рыхлении грунта на глубину 15—20 см в условиях сильновыраженного или искусственно созданного рельефа часть объемов земляных работ может быть выполнена длиннобазовыми планировщиками.

Вспашка слоя почвы на глубину 15—20 см, проводимая до наступления морозов, предохраняет от промерзания грунт и обеспечивает работу скреперами без рыхления.

При низких температурах необходимо организовать работы таким образом, чтобы обеспечить круглосуточное их ведение на ограниченной рабочей зоне. Она должна опреде-

ляться в зависимости от количества и производительности скреперов.

Большое внимание уделяется автоматизации процессов управления рабочими органами бульдозеров и скреперов. Устанавливаемые на бульдозерах и скреперах автоматы позволяют выдерживать строго горизонтальную поверхность грунта. Их применение возможно при устройстве поверхностей рисовых чеков, при планировке же площадей с уклонами используются копирующие устройства (разработанные СЛИМЭ), позволяющие копировать маячные полосы, которые устраиваются через 100 м. Копирующие устройства могут быть установлены как на скреперах и бульдозерах, так и на длиннобазовых планировщиках.

При планировке полей с нулевым поперечным уклоном возможно применение механизмов, оборудованных приборами, обеспечивающими выполнение горизонтальной поверхности. Маячные горизонтальные полосы на проектных отметках делаются через 40—60 м.

Решения майского (1966 г.), декабрьского (1972 г.) Пленумов ЦК КПСС и Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О планах мелиорации земель в 1976—1980 гг. и мерах по улучшению использования мелиорированных земель»¹ определили роль мелиорации в развитии сельского хозяйства нашей страны. Если основная задача сельскохозяйственного производства — максимальное использование и повышение экономического плодородия земли, то задача мелиорации состоит в том, чтобы избавить сельское хозяйство от неблагоприятных естественных условий и на основе оптимального использования комплекса водно-земельных ресурсов обеспечить высокие, гарантированные урожаи.

В области мелиорации в нашей стране сделано довольно много. По сравнению с 1966 г. капиталовложения увеличились в 5 раз и достигли почти 5 млрд. руб. в год. Создана мощная база строительной индустрии и промышленности строительных материалов. В результате увеличения объема водохозяйственного строительства площади мелиорированных земель достигли 21,7 млн. га, в том числе орошаемых 12,6 млн. га. Это дало возможность в 1973 г. получить рекордные урожаи основных сельскохозяйственных культур — 222,5 млн. т зерна, 7600 тыс. т хлопка-сырца и др. Для укрепления кормовой базы животноводства ежегодно орошается до 400 тыс. га культурных пастбищ.

Гигантскими шагами развивается сельское хозяйство республик Средней Азии, в первую очередь Узбекистана. Труженники основной хлопкосеющей республики страны в 1974 г. преодолели 5-миллионный рубеж в производстве хлопка-сырца. Некоторые области (Хорезмская, Андижанская) достигли урожая более 30 ц/га.

В хлопководстве, как ни в какой другой отрасли сельского хозяйства, внедрение научно-технического прогресса дает поразительные результаты. Еще несколько лет тому назад нагрузка 6—7 га хлопкового севооборота на одного работника считалась нереальной. Внедрение передовых агротехнических приемов — точный высеv, применение гербицидов, широкорядные посевы, полив по длинным бороздам, механизация чеканки, уборки хлопка-сырца и подбора опавшего хлопка, длиннорядная планировка, использование гибких поливных трубопроводов — позволило не только хозяйствам, но и большим районам, орошаемым массивам добиться нагрузки на одного работника в 10—12 га. В передовых бригадах, в частности, Туляна Дададжанова из совхоза им. Ленина, Ахмада Валиева из совхоза им. Кичанова в Голубой степи, за счет применения широкорядной техники и высокого мастерства нагрузка достигает более 25 га на одного работника и при этом урожайность равна 30—40 ц/га.

Известно, что народное хозяйство нашей республики неразрывно связано с его земельными и водными ресурсами.

Развитие науки, ускорение научно-технического прогресса имеют первостепенное значение в мобилизации земельно-водных ресурсов и усилении темпов роста сельскохозяйственного производства.

Земельные ресурсы Узбекистана, пригодные для орошения, огромны. Возможности освоения еще более расширились в связи с возросшими техническими возможностями в области машинного водоподъема и мелиорации земель, склонных к засолению. Строительство уникальных насосных станций — Хамзинской, Шерабадской, Каршинского каскада — благодаря опыту дренирования и расчистки земель привело к тому, что земельные ресурсы, которые можно ирригационно освоить, практически безграничны по сравнению с имеющимися водными ресурсами.

¹ «Правда», 5 августа 1976 г.

Основная проблема, которую необходимо решить, — ликвидация водного дефицита. Благодаря строительству Чардаринского, Фархадского, Кайраккумского, Чарвакского, Токтогульского водохранилищ, а также нескольких мелких на Сырдарье и ее притоках в бассейне завершается не только сезонное, но и многолетнее регулирование. Однако 1974 год показал, насколько сложно обеспечить правильное использование воды в условиях маловодья даже при таком регулировании.

Регулирование бассейна Амударьи уже начато, однако еще в недостаточных размерах. Необходимо ускорить строительство Тюямуюнского, Кызылайкского на р. Амударье и других водохранилищ на ее притоках. Это позволит на время снять дефицит водопотребления в бассейне Амударьи, хотя он будет нарастать очень быстро из-за интенсивного освоения новых орошаемых земель в зоне Каракумского канала, Каршинской степи, Бухарской области, Сурхан-Шерабадской степи.

Многое зависит от правильного водопользования. Затраты воды на производство 1 ц хлопка-сырца колеблются от 700 (Хорезм, Каракалпакия) до 270—290 м³ (новая зона Голодной степи), а фактические оросительные нормы брутто — от 6000 до 28000 м³/га. Необходимо развить исследования водопотребления культур на основе современного понимания взаимодействия орошения и грунтовых вод, дать районирование оптимальных норм, исходя не только из климатических факторов и водно-физических свойств почв, но и в связи с мелноративным режимом, дренажностью и техникой полива.

Главная задача состоит в том, чтобы установить и всемерно способствовать внедрению в практику орошения оптимального мелноративного режима, при котором достигается минимальный расход воды на единицу урожая. Применяющийся иногда гидроморфный режим на фоне мелкого дренажа (Хорезм, Каракалпакия) наиболее нерационален, так как требует для поддержания низкой минерализации при близком залегании грунтовых вод (1—1,5 м) больших промывных норм как в вегетацию, так и в период осенних промывок. Внедренный на фоне закрытого горизонтального дренажа полуавтоморфный режим (Голодная степь) дает минимальную оросительную норму. Расчетные и экспериментальные данные показывают, что наиболее экономичным может быть и автоморфный мелноративный режим. Большие перспективы открываются при этом для применения вертикального дренажа.

Существенные резервы заключены в повышении технического КПД. Если на межхозяйственной оросительной сети проведены большие работы по облицовке сборным и монолитным бетоном, что повысило КПД до 0,8—0,85, то на внутрихозяйственной сети, кроме районов Голодной, Каршинской и частично Сурхан-Шерабадской степей, эти работы даже не ведутся. В результате среднереспубликанский КПД внутрихозяйственной сети не превышает 0,65—0,70 против 0,88—0,92 в Голодной степи. Следует отметить, что причина — высокая капитальная стоимость облицовок.

Необходимо ускорить разработку дешевых приемов и способов устройства антифильтрационных покрытий с помощью обработки каналов полимерными материалами, способствующими снижению водопропускаемости ложа канала. Перспективно и применение гидрофобных материалов, бентонитов и отбеливающих глин. Разработка ведется учеными САНИИРИ (Х. А. Аскарар, А. А. Абдужабаров, Ш. М. Махмудов, М. А. Пасретдинова, В. М. Шинилов). Кроме дешевизны, покрытия должны обладать долговечностью и быть эффективными в снижении потерь воды. Надо продолжать работы над повышением срока службы пленочных материалов в экранах каналов и возможностью покрытия их более дешевыми защитными конструкциями, чем сборный железобетон. Нельзя отказываться пока и от железобетонных конструкций: следует их удешевлять. Перспективным остается применение армоцемента, технология которого для индустриального изготовления пока не отработана.

Наряду с облицовкой широкое применение получили новые конструкции каналов, позволяющие повысить КПД внутрихозяйственной сети, увеличить КЗИ и сделать эту сеть более управляемой. Это лотковые каналы и трубопроводы. Необходимо четко определить области их применения и пути снижения их стоимости. Бесспорно, трубы наиболее перспективный вид внутрихозяйственной сети, однако при железобетоне и стали увеличение их диаметров свыше 0,6 м становится чересчур дорогостоящим мероприятием. Поэтому важно разработать такие виды трубопроводов из полимерных материалов, которые были бы дешевле и долговечнее применяемых. САНИИРИ совместно с ТашПИ создали опытные образцы труб из полимерных смол, армированных стеклотканью. В ГСКБ по ирригации и ВНИИГиМ разработаны витые полиэтиленовые трубы, армированные и неармированные, формируемые

в грунте обработкой их полимерными материалами и т. д.

Высокая стоимость антифильтрационных покрытий и антифильтрационных конструкций каналов заставляет уделять особое внимание повышению срока службы и увеличению надежности. 15—20-летний опыт указывает на необходимость углубления исследований влияния элементов технологии гидротехнического бетона на его долговечность. Об этом же свидетельствуют и отмечавшиеся разрушения лотков и плит. Долговечность конструкций должна повышаться за счет совершенствования технологии изготовления (в условиях жаркого климата) и применения полимерных материалов в качестве добавок к традиционным материалам.

Прогрессивные конструкции и виды ирригационной сети внедряются и практику в основном при новом строительстве. Задача мелиоративного производства — обеспечить строительство всех новых водохозяйственных систем с высоким КПД и одновременно широко внедрить на оросительных системах мероприятия по борьбе с фильтрацией.

Особое значение приобретает научное обоснование и развитие принципов организации работ по переустройству оросительных систем. Анализ показывает, что переустройство нельзя признать эффективным, если оно проводится различными заказчиками, многократно повторяется на одних и тех же землях, проекты составляются разрозненно.

Для повышения эффективности работ по переустройству оросительных систем необходимо разработать четкие принципы и правила, основные из них — комплексность проводимых мероприятий, соблюдение технологической последовательности, исключаяющей бросовые работы, высокий технический уровень, обеспечение не только высокого КПД, но и оптимального мелиоративного режима. В связи с тем, что работы по переустройству ведутся на действующих оросительных системах, следует разработать такие методы производства и организации, чтобы не допустить снижения урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.

В условиях нарастающего дефицита воды большое значение приобретает усиление мелиоративного благополучия земель. Узбекские мелиораторы первыми в стране решили проблему развернутого строительства двух видов дренажа — закрытого горизонтального и вертикального. Ученые и проектировщики четко определили, где и какой вид дренажа должен строиться. В то же время остались проблемы, требующие дальнейшего развития

и исследований. В частности, важно снизить расход фильтра горизонтального дренажа за счет совершенствования его конструкции без снижения надежности работы дренажных линий. Для расширения возможностей механизированного строительства закрытого дренажа следует довести, наконец, до конструктивного совершенствования щелевые дрепоукладчики. Все конструкции дрепоукладочных машин лишены надежной системы по контролю за качеством укладки дренажа, соблюдением проектного профиля дреи, отсутствием нарушений в формировании фильтра вокруг трубы. Автоматизация строительства дренажа для обеспечения надежности дренажной системы и снижения ее стоимости — первоочередная задача.

Успехи в проектировании, строительстве и эксплуатации вертикального дренажа позволили широко развернуть мелиорацию земель в Узбекистане. В то же время требует неотложного исследования подбор коррозионно устойчивых фильтров скважин, в первую очередь из полимерных материалов, как, например, в США и других странах, где разработаны и внедрены скважины из полисульфона, поливинилхлорида, полиэтилена. Необходимо разработать также методы усиления водоприемной способности скважин вертикального дренажа на период промывок, например, их вакуумированием. Наконец, конструкция погруженных насосов на скважинах, несмотря на некоторое усовершенствование, несовершенна: срок службы насосов не превышает 6 тыс. час., что резко затрудняет и удорожает эксплуатацию скважин. В САННИРИ (В. Н. Машков и др.) апробированы и внедрены в производство образцы сроком службы до 10—12 тыс. часов.

В проблеме инженерных мелиораций и обоснования дренажа следует углубить теорию расчета влаго- и солепереноса. Принятым принципам расчета дренажа, основанным на теории массопереноса Фика, сопутствует такое множество условностей и допущений, что зачастую теряется физический и инженерный смысл решения. Особенно необходимо усилить теоретические проработки пространственной задачи взаимодействия оросительной воды и дренажа. Основу для совершенствования теории расчета дренажа и промывок должны дать углубленные данные, основанные на новой методике исследования фактических закономерностей в движении воды и солей к дренам. Применение изотопов, радиофизических и оптических методов, а также совершенных приборов значительно расширяет знания в этой области.

Различные виды дренажа позволяют создать тот или иной фон для рассоления земель, однако темпы рассоления определяются промывками и агротехническими мелиорациями (посев трав-мелиорантов, внесение химических мелиорантов и т. д.). Поскольку нельзя признать современной технологию и технику промывок, необходим подбор химических мелиорантов, которые не только ускорили бы удаление вредных солей из корнеобитаемого слоя, но и в значительной степени усилили фильтрационные, улучшали водно-физические свойства грунтов после промывок. Это новое направление в сочетании с возделыванием сельскохозяйственных культур-освоителей может резко увеличить темпы освоения и облагораживания засоленных земель.

Благодаря разработке и внедрению комплексного метода строительства и освоения новых орошаемых земель в пустынной местности создан крупнейший район орошаемого земледелия, где ежегодно производится более 300 тыс. т хлопка-сырца, современные социальные сельскохозяйственные предприятия оснащены передовой техникой, располагают всеми необходимыми средствами для производственного обслуживания, а также жильем и культурно-бытовыми сооружениями.

Второй крупный район освоения — Каршинская степь, в 1974 г. там получены первые 50 тыс. т цельного хлопка.

Несмотря на большие успехи в освоении новых земель, разработку теоретических основ организации комплексного строительства, ряд проблем требуют пристального внимания и решения научно-исследовательскими и производственными организациями.

Во-первых, следует стремиться к оптимизации комплексного строительства с целью повышения экономической эффективности освоения. В комплексе работ по освоению новых земель как едином технологическом процессе необходимо определить оптимальную технологическую последовательность работ. Оптимальное сочетание частей комплекса (ирригационная, дренажная, производственная и жилищно-бытовая) должно обеспечить минимальное замораживание капиталовложений до ввода в эксплуатацию, максимальное ускорение сроков завершения комплекса строительных работ, создание условий для ускоренного получения проектных урожаев по валу и удельной величине.

Во-вторых, должно быть определено оптимальное сочетание объема создаваемых баз строительной индустрии с потребностями производства строительного-монтажных работ, чтобы не допустить, с одной стороны, недостаточ-

ного уровня производительности труда в строительстве, с другой — излишних капиталовложений в создание базы.

В-третьих, остается неясным выбор путей освоения неблагоприятных в мелиоративном отношении сильнозасоленных земель. К сожалению, можно привести многочисленные примеры того, как комплекс мелиоративных мероприятий, предложенных проектом, успешно осуществляется, земли рассоляются на большую глубину, а достичь нужной величины урожайности не удается вследствие обесструктурирования почв и лишения их питательных веществ в процессе длительных промывок крупными нормами. Следует вести поиски методов ускоренного восстановления плодородия и структуры почв или перейти к другим методам освоения засоленных земель. Заслуживает внимания опыт индийских мелиораторов, которые не проводят чистой промывки большими нормами, а промывают лишь верхний слой (до 30 см) почвогрунтов небольшим количеством воды, а затем на фоне культур-мелиорантов это рассоление углубляется промывными поливами или промывным режимом орошения.

Фактором, сдерживающим темпы ввода новых орошаемых земель, становится их капитальная планировка. Объемы работ по планировке превышают в среднем 1000—1200 м³/га, а технология планировочных работ и средства планировки на протяжении многих лет остаются неизменными. Пора отойти от традиционных принципов технологии планировки, основанной на пассивной работе скреперов, и перейти к использованию активных рабочих органов. Зарубежная практика позволяет привести успешные примеры. Американская фирма «Джон Дир», например, увеличила емкость скреперов в 1,5 раза без изменения тягового усилия за счет устройства дополнительного скребкового элеватора.

Наряду с этим следует искать пути уменьшения объема планировочных работ, например, при помощи увеличения дожлевания и пересмотра вследствие этого требований к планировке, ограничения баланса планировочных работ пределами одного поливного участка (8—12 га) и уменьшения расстояний перемещения. Большую экономию может дать совмещение планировочных и промывных работ и сокращения за счет этого планировки.

Большие объемы капитальной промывки на первичнозасоленных землях заставляют относиться более внимательно к ее технологии.

Голодноостепстрой и Джизакстепстрой организовали специальное подразделение по проведению капитальных промывок земель перед освоением. Эти подразделения совмест-

но с ВНИИГиМ добились некоторого совершенствования технологии промывок — применены методы больших чеков, вода в чеки подается шлангами. Однако сооружения пал, временных дрен и водосборов не только разнообразны и объемны, но и занимают много места, уменьшая площадь эффективно промытых земель. Следует шире применять полимеры для устройства перемычек и валиков, мелкий закрытый дренаж и другие приемы.

В орошении новых земель и переустройстве староорошаемых массивов огромное внимание уделяется и будет уделяться совершенствованию техники полива. Успехи, достигнутые в Узбекистане, где, как известно, впервые широко применены гибкие трубопроводы, внедрен полив по длинным (400—500 м) бороздам, созданы поливные машины типа ППА-165 и ГПА-300 для бороздкового полива, далеко опередили уровень, достигнутый в других республиках с орошаемым земледелием. Однако, как считает С. М. Кривовяз, при бороздковом методе полива качество и производительность поливов могут быть резко повышены за счет внедрения новых поливных машин, устройств стационарных выводных борозд (ок-арыков), а также применения новых высокопроизводительных способов полива — по затопляемым бороздам и по постоянным поливным участкам, позволяющим обработать 7—8 га/смену в сочетании с автоматизацией водораспределения. Важное значение имеет установление оптимального времени начала полива по достижении предельно допустимого дефицита влажности.

Дождеванию принадлежит большое будущее в орошении. Многолетние научные исследования показали, что при сложном рельефе подгорных долин и глубоком залегании грунтовых вод, а также при хорошей водопроницаемости почвогрунтов и слабой минерализации грунтовых вод дождевание имеет много преимуществ перед бороздковым поливом. На смену ДДА-100М пришли новые высокопроизводительные машины ДДФ-100, «Фрегат», «Волжанка» с хорошими показателями интенсивности дождя, равномерности увлажнения, производительности. В 1974 г. начаты широкие производственные исследования «Волжанки» в условиях аллювиальных равнин — в Каршинской степи на землях, склонных к засолению. Предварительные данные указывают на возможность снижения нагрузки на дренаж за счет применения дождевания в таких условиях вследствие уменьшения инфильтрационной доли дренажного стока. Завершение этих исследований позволит расширить применение дождевания в республике.

В Узбекистане также начаты широкие производственные исследования подпочвенного орошения в условиях садов и виноградников и для полива хлопчатника. Семилетняя успешная работа системы подпочвенного орошения с увлажнителями из пористого керамзитобетона при поливе садов на опытной станции САНИИРИ в Янгиюльском районе, четырехлетняя эксплуатация систем подземных поливных полимерных трубопроводов в совхозах Голодной степи, построенных по инициативе Главсредазирсовхозстроя на поливе хлопчатника, доказали огромные перспективы этого метода как в автоматизации полива, так и сокращении затрат труда и воды и резком повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Несмотря на ряд недостатков, урожайность хлопчатника на участке подпочвенного орошения в совхозе № 10-а им. К. Е. Ворошилова при рядовом севе составила более 60 ц/га.

Подпочвенное (или внутрипочвенное) орошение — дело будущего, но для того, чтобы в ближайшее десятилетие подготовить его широкое внедрение, необходимо решить ряд практических вопросов. Главнейшие из них следующие: оптимальные конструкции увлажнителей, перфорации на них, система трубопроводов, обеспечивающая достаточное увлажнение корнеобитаемого слоя, длительную эксплуатацию без повреждений с минимальными эксплуатационными затратами, необходимый режим аэрации и питания при сохранении мелиоративного благополучия земель. Наряду с этим следует продолжать поиски дешевых технологий устройства поливных подземных трубопроводов с тем, чтобы внедрить их в больших масштабах при снижении удельных капиталовложений.

Охрана водных ресурсов как наука сформировалась в Узбекистане сравнительно недавно, но уже создана сеть наблюдений на реках, которая позволяет анализировать и выявлять источники загрязнения, своевременно намечать необходимые мероприятия. Однако в условиях орошения наибольший источник ухудшения качества воды в реках — само орошение. По мере продвижения сверху вниз по течению и увеличения сброса дренажных вод от орошения в реку минерализация стока постоянно повышается. В Сырдарье ниже Чардары минерализация в межень превышает 2 г/л по плотному остатку.

Одно из наиболее простых средств уменьшения количества солей, сбрасываемых в реки, — усиление внутрисистемного водооборота за счет применения в допустимых пределах смешения дренажного стока с оросительной

водой в каналах. Исследования в этом направлении проводятся в отделе охраны водных ресурсов САНИИРИ под руководством А. П. Орловой. Выявляются закономерности процессов самоочищения вод от вредных стоков. К сожалению, этим ограничиваются пока поиски активных методов борьбы с заражением водной среды, в то время как широкое применение могли бы найти методы аэрации, микробиологической защиты и т. д. Наряду с этим необходимо усилить работы по автоматизации контроля за качеством воды, разработке соответствующих датчиков и автоматических установок.

Эксплуатация гидромелиоративных систем в Узбекистане достигла определенных успехов в развитии службы мелiorации и в подготовке баз для перевода ее на промышленную основу. На первых этапах такая служба создается для обслуживания и ремонта оросительных насосных станций и скважин вертикального дренажа, однако это только первые шаги.

Значительное усложнение оросительных систем и сооружений требует пересмотра методов и структуры службы эксплуатации.

Огромная протяженность линий электропередач, связи, трансформаторы и силовые устройства — все это требует специальных кадров, приспособлений, материалов и инструментов. Поэтому настало время перевода всей службы для поддержания оросительных внутрихозяйственных и межхозяйственных систем на техническое обслуживание. По договорам с хозяйствами, управлениями каналов, межхозяйственных и других сооружений его должны осуществлять специализированные организации ММиВХ.

Целесообразно, чтобы техническое обслуживание имело принудительный характер, оно должно вестись через облводхозы.

Все эти принципы, методы и структура должны быть тесно увязаны с подготовкой к переводу мелiorативных систем на автоматизированную систему управления. Внедрение АСУ в эксплуатацию наряду с техническим совершенствованием требует организационных мероприятий по управлению водными ресурсами, в первую очередь — создания межреспубликанских и межобластных бассейновых управлений, которые могут управлять водозаборам и водораспределением на основных водных магистралях. Организационные и стратегические принципы управления водными ресурсами в системе АСУ должны быть четко

сформулированы научно-исследовательскими организациями совместно с органами эксплуатации.

Необходимость централизованного управления водными ресурсами особенно проявляется в условиях маловодья, когда несогласованность действий ирригационных систем и служб эксплуатации, а также стремление каждой эксплуатационной единицы удовлетворить узкие интересы без учета общей ситуации наносят огромный ущерб состоянию сельского хозяйства орошаемых районов. Важно определить не только принципы вододелиения, но и методы удовлетворения потребностей с учетом использования подземных вод, а также разработать четкую структуру организации эксплуатационных служб.

Переход к АСУ водохозяйственных систем заставляет усилить работы в направлении создания надежных, простых и точных стокомеров воды, имеющих широкий диапазон измеряемых расходов, так как такими приборами практика пока не располагает.

Перспективы развития водного хозяйства республики ставят перед научными организациями все новые и новые задачи. Полезность и эффективность научных исследований резко возрастает, если зарождение и поиск темы исследований идет вместе с производственной организацией и доводится до внедрения. Учитывая, что узким специалистам не под силу решение важных народнохозяйственных задач, необходимо всемерно развивать комплексные научные исследования, в которых участвовали бы специалисты разных направлений, включая технологов. Такой контакт должен осуществляться не только между подразделениями и отделами одного и того же института, но и между различными научно-исследовательскими, конструкторскими, производственными организациями.

Так была создана система вертикального дренажа в результате тесного сотрудничества работников научно-исследовательских организаций (САНИИРИ, ВНИИГиМ), производителей (ММиВХ УзССР и Главсредазирсовхозстрой), проектировщиков (Средазгипроводхлопок и Узгипроводхоз) и строителей, за что они удостоены Государственной премии им. Беруни за 1973 г.

Только тесный союз производства и науки может быть гарантией правильного решения важнейших научно-технических задач, успешного развития водного и сельского хозяйства нашей республики.

В дореволюционный период оросительные системы представляли собой извилистую сеть каналов с низкими коэффициентами полезного действия, примитивными водозаборами неинженерного типа. Из-за недостаточности или полного отсутствия коллекторной сети земли засолялись, орошение носило кочевой, переложный характер.

Водораспределение велось беспланоно, было средством жестокой классовой эксплуатации. Эксплуатационные работы по забору воды из источников орошения, очистке каналов от наносов и растительности выполнялись населением как обязательная трудовая повинность.

Декрет, подписанный В. И. Лениным, об оросительных работах в Туркестане и об ассигновании на эти цели 50 млн. руб. положил начало невиданному в истории орошаемого земледелия развитию ирригации в Узбекистане. По решению Совета Народных Комиссаров Туркестана все магистральные каналы и сооружения были переданы в ведение Наркомата земледелия.

Для руководства и организации работ по восстановлению и эксплуатации оросительных систем в июне 1918 г. решением Совнаркома Туркестанской республики было создано Управление водного хозяйства (Туркводхоз). В августе 1919 г. были утверждены «Временные правила водопользования в Туркестанской республике». Этим важным документом были ликвидированы средневековые правила, так долго служившие средством обогащения привилегированных водопользователей, помещиков и баев. Были приняты организационные меры по упорядочению управления водным хозяйством: созданы областные водхозы при облисполкомах в округах и райводхозы при райисполкомах. Развернулись работы по восстановлению разрушенных в результате гражданской войны оросительных систем.

В 1926 г. был создан Опытно-исследова-

тельский институт водного хозяйства (ОИИВХ), что положило начало научным исследованиям в области ирригации. На опытных мелiorативных станциях экспедициями ОИИВХ проводились полевые работы по определению норм и сроков поливов сельхозкультур, изучались фактические КПД каналов оросительных систем; разрабатывалась методика составления планов водопользования.

В 1928 г. была завершена земельно-водная реформа — первый этап в упорядочении водопользования на социалистической основе.

С 1933 г. на оросительных системах постепенно внедрялось плановое водопользование. В 1941 г. был принят Закон о сельскохозяйственном водопользовании. Переход на плановое водопользование ознаменовал собой первый крупный шаг по пути научно-технического прогресса в эксплуатации.

По мере оснащения водного хозяйства землеройной техникой наращивались темпы частичного переустройства оросительных систем, механизации трудоемких работ по очистке оросительной и коллекторно-дренажной сети, объем которой уже к 1978 г. достиг 125 млн. м³. Все эти мероприятия способствовали улучшению условий эксплуатации.

Вследствие побассейновой разобщенности ирригационных систем водообеспеченность орошаемых земель на маловодных источниках была крайне низкой и перед органами эксплуатации встала задача перерегулирования речных стоков внутри бассейна — переброски их из более обеспеченных систем в маловодные.

В предвоенный период (1933—1941 гг.) стихийно возникшие скоростные народные стройки положили начало новому техническому приему — «кольцеванию систем», т. е. перераспределению речных стоков в Ферганской, Ташкентской, Зарафшанской и Сурхандарьинской долинах путем строительства крупных перебросных каналов (БФК, СФК, Ташкентского и др.). Выполненные работы не только

улучшили водообеспеченность поливных земель, но и позволяли освоить дополнительные площади в бассейнах перерегулирования стоков.

В 1939 г. был проведен учет (паспортизация) всех действующих оросительных и осушительных систем, каналов, сооружений.

Великая Отечественная война приостановила ирригационные работы. Из-за нехватки рабочей силы и механизмов посевные площади были сокращены, очистка коллекторно-дренажной сети почти не проводилась, вследствие чего ухудшилось мелiorативное состояние земель и сократились посевные площади. После победы скоростные народные стройки развернулись по республике с новой силой. Завершилось строительство Касансайского водохранилища, были организованы работы на Сохском водном узле, в Зарафшанской долине, Сурхандарьинской области, Голодной степи и др. Наряду с новым строительством велось восстановление старых оросительных систем.

В начале 50-х годов начался переход на новую систему орошения. В основу было положено укрупнение поливных участков с планировкой поверхности, переустройство и ликвидация излишней мелкой оросительной сети, сокращение точек водозабора, оборудование их сооружениями. К 1953 г. на новую систему орошения было переведено более 650 тыс. га, количество поливных участков сократилось в 5 раз. В результате были созданы условия для широкой механизации сельскохозяйственных работ, организации поливов сельскохозяйственных культур на плановой основе.

Переход на новую систему орошения следует рассматривать как важный этап повышения технического уровня оросительных систем, внедрения научных достижений в ирригацию.

В 1958 г. проведена реорганизация органов эксплуатации для совершенствования форм эксплуатации мелiorативных систем. Административные органы водного хозяйства при исполкомах — облводхозы и райводхозы — преобразованы в производственные организации.

В 1958 г. усилились исследования по повышению КПД оросительных систем. По инициативе ферганских эксплуатационников начато бетонирование каналов. Первым был покрыт бетоном канал Джанябад протяженностью 19,5 км и расходом 24 м³/сек; КПД канала повысился от 0,54 до 0,92, вслед за этим были облицованы каналы, проходящие в сильно-фильтрующих галечниковых грунтах на Сохском, Шахмарданском и Исфаринском конусах выноса Ферганской долины.

Эффект от бетонирования в Ферганской

области привел к расширению этих работ в других областях республики и к 1976 г. общее количество забетонированных каналов (без Голодной и Каршинской степи) составило более 7 тыс. км. Бетонирование каналов сопровождалось реконструкцией, что намного улучшило водораспределение и учет оросительной воды.

Проводимые нарастающими темпами работы по перераспределению источников орошения позволили поднять водообеспеченность маловодных систем Кашкадарьи, Карадарьи, Зарафшана, Ахангарана, Сурхандарьи, Ферганской долины и других районов орошаемого земледелия Узбекистана. Из Амударьи вода подается по Аму-Бухарскому машинному каналу в бассейн Зарафшана, по Каршинскому машинному каналу — в бассейн Кашкадарьи, по машинному каналу Аму-Заиг — в бассейн Сурхандарьи. Каналом «Москва» соединены системы рек Зарафшана и Кашкадарьи, Сох-Шахмарданский канал объединяет Сохский и Шахмарданский «всеры», каналы БФК, БАК — Нарын, Карадарью, Исфайрам и Сох. Ташкентский канал им. Ш. А. Палванова подпитывает чирчикской водой маловодную систему Ахангарана и др.

Техническое перевооружение систем, возросший уровень механизации ремонтных очистных работ, широкое развитие вертикального и закрытого горизонтального дренажа, расширение площадей машинного орошения, внедрение автоматки и телемеханики в водораспределение и учет воды потребовали создания новых управлений и служб, совершенствования методов эксплуатации. Структура управления постоянно перестраивалась, а в некоторых случаях, опережая развитие новых направлений в эксплуатации, создавались новые управления, которые в значительной степени способствовали улучшению приемов эксплуатации систем.

С учетом возрастающего значения мелiorации земель в Министерстве мелiorации и водного хозяйства Узбекской ССР создана специальная мелiorативная служба — Главное управление мелiorации. При областных управлениях оросительных систем созданы управления мелiorативных систем, в задачи которых входят контроль и наблюдения за мелiorативным состоянием земель, обеспечение нормальной работы дренажных систем.

Рост машинного водоподъема на базе крупных стационарных и плавучих насосных станций, широкое внедрение скважин вертикального дренажа потребовали организации Главного управления насосных станций и вертикального дренажа.

Измененная структура органов эксплуатации позволила обеспечить четкую эксплуатацию мелноративных систем.

Управленческие органы системы водного хозяйства (облХОСы) по существу превращены в производственно-хозяйственные организации, сочетающие функции государственного управления с широкими производственными функциями по эксплуатации оросительных систем, совершенствованию, развитию и увязке работы строительных организаций с нуждами эксплуатации.

Осуществляется широкий перевод эксплуатации оросительных систем на новую, более высокую ступень развития — индустриальную основу. В этих целях создана и продолжает расширяться промышленная ремонтно-эксплуатационная база, состоящая из ряда заводов, оснащенных современным оборудованием. В 1971 г. введена в строй первая очередь специализированного ремонтно-производственного предприятия (СРПП), а в 1973 г. — вторая. Оно предназначено для обеспечения на современном техническом уровне наладки, ремонта и эксплуатации всех видов оборудования и сооружений мелноративных систем.

В 1977 г. введена в эксплуатацию первая очередь завода водозапорной арматуры. Такой завод в Советском Союзе построен впервые.

Ремонт и техническое обслуживание насосных станций и вертикального дренажа, ЛЭП, линии связи и других элементов гидротехнических сооружений посредством 11 территориальных специализированных передвижных механизированных колонн осуществляет трест «Водспецремонт».

Ремонтно-эксплуатационные работы на оросительной и коллекторно-дренажной сети, противоподавковые, противоселевые, берегоукрепительные мероприятия, реконструкцию и восстановление каналов, коллекторов, сооружений выполняют 25 областных строительно-монтажных трестов по договорам с эксплуатационными организациями.

Институт кибернетики АН УзССР с ВЦ и Узгипроводхоз разработали программы расчетов планов водопользования на ЭВМ. Они позволят более рационально планировать распределение воды между водопользователями. Будут разработаны методы и программы расчетов на ЭВМ оптимального водопотребления.

Техническое совершенство мелноративных систем невозможно без решения вопроса управления ими средствами автоматики, телемеханики и вычислительной техники. В Узбекистане работы по автоматизации некоторых сооружений велись еще в 30—40-х годах (за-

творы-автоматы Финке, Пеплова, Алиева и др.). Первые шаги по внедрению ее на системах относятся к 50—60-м годам (диспетчеризация, дистанционное управление, устройство телеуправления). В разработке проектов принимали участие НИИ энергетики и автоматики АН УзССР, Средазгипроводхоз, Узгипроводхоз, САНИИРИ.

С 70-х годов внедрение приняло планомерный характер. В ММиВХ УзССР функционируют подразделения по внедрению средств автоматики и телемеханики на индустриальной основе (проектное, конструкторско-технологическое бюро и Узводприборавтоматика, цех приборов автоматики и телемеханики в составе ЦБ ЭСРПП и специализированное пуско-наладочное управление в составе треста «Водспецремонт»).

За годы Советской власти площадь орошаемых земель в Узбекской ССР увеличилась на 1,7 млн. га и в 1978 г. достигла 3,3 млн. га. Создано мощное многоотраслевое водное хозяйство, в котором постоянно совершенствуется и укрепляется служба эксплуатации. Это технически разнообразная, разветвленная, охватывающая всю территорию республики система, включающая 275 государственных межхозяйственных оросительных систем. Протяженность оросительных каналов составляет 152 тыс. км, из них межхозяйственных 22,5 тыс. км.

Сток рек и сев, кроме русловых водохранилищ на Амударье и Сырдарье, регулируется 24 водохранилищами общим объемом 4,0 млрд. м³. Значительно возросли площади машинного орошения. Для 843 тыс. га земель машинного орошения в распоряжении службы эксплуатации ММиВХ УзССР имеется 870 стационарных плавучих насосных станций общей мощностью 1156 тыс. квт и суммарным расходом 2360 м³/сек, в том числе таких крупных, как «Хамза-II» мощностью 125 тыс. квт с высотой подъема 55 м, расходом 150 м³/сек, «Кызылтепинская» такой же мощностью, расходом 140 м³/сек с высотой подъема 65 м и др.

Оросительные системы и сооружения оснащены инженерным оборудованием, средствами связи, а некоторые также средствами автоматики, телемеханики. Оперативное управление эксплуатацией водохозяйственных объектов осуществляется при помощи 185 телефонных станций. Действует 630 радиостанций и 94 комплекта ВЧ-связи. Связью обеспечивается свыше 8000 абонентов. На системах республики действует более 20 систем телемеханики, обеспечивающих контроль свыше 500 объектов. Полностью переведены на автоматическое и централизованное управление

крупные гидроузлы — Каршинский, Куйганъярский, Ак-Карадарьинский, Учкурганский и др. На телемеханический контроль и управление переведена эксплуатация двух отделений Большого Анджианского канала, переводится Зарафшанский водный тракт и др.

Работы по электрификации гидротехнических сооружений, внедрению средств связи, средств автоматизированного и телемеханизированного управления — большой шаг на пути внедрения научно-технического прогресса в эксплуатации систем. Эти мероприятия изменяют условия эксплуатации, позволяют перейти от управления работой одного сооружения к управлению работой системы, водохозяйственного комплекса и в то же время повысят требования к содержанию и обеспечению надежности работы водохозяйственных объектов. Эффект выполненных и намеченных мероприятий по техническому оснащению мелиоративных систем может быть обеспечен лишь силами высококвалифицированного производственного персонала (слесари, наладчики, операторы, связисты, гидротехники, электрики, механики), который придет на смену наблюдателям и регулировщикам.

Один из нерешенных вопросов в водном хозяйстве — эксплуатация внутрихозяйственных систем. Низкие КПД каналов и слабое армирование сооружениями внутрихозяйственной сети, неудовлетворительная организация внутрихозяйственной службы эксплуатации приводят к непроизводительным потерям воды, неэкономному ее использованию. Техническое улучшение внутрихозяйственной сети — первоочередная задача, требующая решения.

Один из основных путей повышения водобезопасности — реконструкция оросительных систем и переустройство староорошаемых земель, особенно важное в условиях нарастающего дефицита местных водных ресурсов. Переустройство сети — процесс весьма сложный, он требует больших капитальных вложений и длительных сроков. Стоимость переустройства 1 га водохозяйственного комплекса не намного меньше стоимости освоения, составляет более 3 тыс. руб. на 1 га.

Другое направление повышения рентабельности искусственного орошения — совершенствование организации эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем, улучшение методов внутрихозяйственного распределения воды и проведения поливов.

Затраты на эксплуатацию, содержание и ремонт внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети входят в себе-

стоимость продукции и являются частью суммарных издержек на сельскохозяйственное производство (амортизационные отчисления с колхозов не взимаются и учитываются при формировании закупочных цен и в подоходном налоге). Такое положение не позволяет максимально использовать стимулы, повышающие ответственность за соблюдение строгого режима экономии воды и оптимальных соотношений затрат и эффектов. Возрастающий дефицит водных ресурсов требует повышения заинтересованности хозяйств-водопользователей в рациональном и эффективном использовании воды и мелиоративных фондов.

Однако техническое совершенствование внутрихозяйственных гидромелиоративных систем и улучшение их эксплуатации — важная актуальная проблема, требующая реализации в ближайшее время. Технически сложные элементы внутрихозяйственных систем (насосные станции, закрытая оросительная и коллекторно-дренажная сеть, скважины вертикального дренажа и скважины для орошения) уже приняты на баланс органов водного хозяйства и эксплуатация их осуществляется за счет госбюджета. В перспективе все внутрихозяйственные гидромелиоративные системы должны быть переданы органам водного хозяйства на полное техническое обслуживание по договорам с хозяйствами.

Научно-исследовательские организации предложили несколько вариантов взаимоотношений между органами водного хозяйства и водопользователями, перевода эксплуатации гидромелиоративных систем на хозрасчет.

В заключение следует отметить, что вся служба эксплуатации укрепляется, углубляется и расширяется. Четко проводится курс на перевод эксплуатации гидромелиоративных систем на промышленную основу. Главное направление научно-технического прогресса в службе эксплуатации — создание специализированных подразделений, предназначенных для ремонта и эксплуатации оборудования, приборов и техники на высоком уровне.

Поддержание в рабочем состоянии технически сложных оросительных систем, оснащенных установками автоматки, телемеханики, связи, электронно-вычислительной техники, разнохарактерного оборудования и совершенствование водохозяйственных систем невозможно без промышленных ремонтно-эксплуатационных баз, обеспечивающих независимый, оперативный и качественный ремонт машин, механизмов, рабочих органов и деталей объектов эксплуатации.

**КРУПНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ ДЕЯТЕЛИ, АКТИВНО УЧАСТВОВАВШИЕ
В РАЗВИТИИ ИРРИГАЦИИ УЗБЕКИСТАНА, ЧЬИ ФОТОГРАФИИ ПОМЕЩЕНЫ В КНИГЕ**

В. В. Пославский — видный советский ученый, крупнейший гидротехник страны, Герой Социалистического труда, академик Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, академик Академии наук Узбекской ССР, профессор — родился 10 ноября 1897 г. в городе Батуми. После окончания в 1923 г. инженерного факультета сельскохозяйственной академии им. Тихирязева был направлен в Среднюю Азию, где непрерывно проработал около 30 лет.

Вся трудовая деятельность Виктора Васильевича связана с развитием ирригации в нашей стране, и в первую очередь в Узбекистане, где он прошел путь от инженера до руководителя проектных разработками многих построенных и строящихся крупных ирригационных сооружений на реках Средней Азии.

В. В. Пославский начал работу в тольком что организованном первом в Средней Азии Научно-исследовательском институте ирригации (ныне САНИИРИ имени В. Э. Журнина). Позднее перешел в Среднеазиатский проектный институт «Сазводпроект» (ныне «Среднеазиатский институт хлопков» имени А. А. Саркисова), где работал до 1949 г. В этот период под руководством Виктора Васильевича созданы проекты многих водоподъемных и водохранилищных плотин, из них наиболее крупные — Кампырраватская, Сохская, Куйганъярская, Фархадская, Каттакурганская, Касансайская, Южно-Сурханская, Чимкурганская, Кайракхумская, Чардаринская, Кызылординская и другие. Кампырраватская, Куйганъярская и Сохская плотины имеют оригинальную конструкцию, разработанную и предложенную Виктором Васильевичем специально для предгорных участков с использованием явления поперечной циркуляции на изгибе потока, что облегчает борьбу с завлесанием наносов в головы магистральных каналов. Эта конструкция широко используется в других союзных республиках и за рубежом под названием «ферганский тип водозабора», поскольку три первые такие плотины построены в Ферганской долине.

В. В. Пославский не только проектировал сооружения, но и участвовал в их строительстве. На Большом Ферганском канале и Фархадском гидроузле он был не только главным инженером проекта, но и заместителем главного инженера строительства.

Проектную и научную работу Виктор Васильевич умело сочетал с преподавательской. В течение 25 лет он читал курсы гидротехнических сооружений в Среднеазиатском политехникуме водного хозяйства, на инженерно-мелиоративном факультете Среднеазиатского государственного университета и в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. В 1930 г. В. В. Пославскому присвоено звание доцента, а в 1939 — профессора. С 1941 г. он заведовал кафедрой гидротехнических сооружений.

Работу в области проектирования Виктор Василье-

вич всегда сочетал с полевыми и лабораторными исследованиями. Уже в первые годы работы в проектно-институте он выполнил исследования по влиянию на силу водного потока в условиях нижнего течения Аму-дарьи, которые использованы в гидравлических расчетах каналов при реконструкции оросительных систем Хорезма и др. Для облегчения и ускорения гидравлических расчетов каналов Виктор Васильевич предложил счетную линейку, опытный экземпляр которой сам изготовил.

При проектировании крупных гидротехнических сооружений и узлов на реках и каналах Виктор Васильевич активно участвовал в модельных исследованиях проектируемых сооружений, объединяя эти работы в процесс «лабораторного проектирования».

В 1943 г. В. В. Пославский избран академиком Академии наук Узбекской ССР и ее вице-президентом. Он руководил организацией технических институтов академии и вел подготовку научных кадров в области гидротехники.

В 1919 г. Виктор Васильевич был назначен директором САНИИРИ и проработал в этой должности до 1950 г. За эти два года он провел большую работу по приданию научно-производственного характера планам, программам и методике исследований института.

В 1950 г. В. В. Пославский переведен в Москву в Министерство хлопководства СССР, затем в Министерство сельского хозяйства СССР, где занимал должности главного инженера Главводхоза. Позже Виктор Васильевич работает в Министерстве мелиорации и водного хозяйства СССР. Благодаря громадному опыту и широкой эрудиции в области гидротехники В. В. Пославский проводил экспертизы и консультировал по вопросам проектирования и строительства крупных и сложных гидротехнических сооружений и узлов не только в нашей стране, но и за рубежом (Афганистан, Египет, Ирак и др.). До последних дней Виктор Васильевич работал профессором-консультантом во Всесоюзном научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (ВНИИГиМ), а также руководил работой лаборатории фильтрации института, вел исследования по антифильтрационным покрытиям русел земляных каналов, проверяя технологичность рекомендаций лабораторий на строящихся каналах Голодной степи.

В 1966 г. Виктор Васильевич избран академиком Всесоюзной сельскохозяйственной академии имени В. И. Ленина (ВАСХНИЛ), где в течение ряда лет возглавлял гидротехническую секцию отделения гидротехники и мелиорации.

И в этот период Виктор Васильевич привлекался Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР для консультаций по строительству крупных ирригационных сооружений страны.

Работая в Москве, В. В. Пославский уделял много внимания развитию ирригации в Узбекистане. Он часто посещал крупные строящиеся объекты: Голодную степь, Тахнаташский водозаборный узел, плотины Андижанского и Тюямуонского водохранилищ, Каршинскую степь, активно участвовал в решении наиболее сложных водохозяйственных проблем.

В последние годы В. В. Пославский отдавал много времени и энергии подготовке к изданию коллективной монографии «Ирригация Узбекистана», в которой обобщен и увековечен труд людей, участвовавших в возрождении и создании на новой технической основе этой жизненно важной для республик Средней Азии отрасли хозяйства.

В. В. Пославский активно участвовал в общественной жизни — избирался депутатом Верховного Совета Узбекской ССР и Ташкентского городского Совета депутатов трудящихся.

Коммунистическая партия и Советское правительство высоко оценили научно-производственную, педагогическую и общественную деятельность В. В. Пославского. Он удостоен высокого звания Героя Социалистического Труда, награжден четырьмя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «Знак Почета» и медалями. Ему присвоены почетные звания заслуженного деятеля науки и техники УзССР и заслуженного ирригатора УзССР.

В. В. Пославский был человеком светлого ума, прекрасной души и исключительной скромности, внимательным к окружающим его людям, требовательным, настойчивым в работе. Он создал школу отличных специалистов-проектировщиков и ученых.

- Аятметов Шамет Чекаевич (1906—1977).** Начальник строительства Каттакурганского водохранилища, Бекабадского металлургического завода, управляющий трестом «Янгирводстрой» Средазирсовхозстрой.
- Алексеев Александр Иванович (1903—1969).** Директор САНИИРИ, кандидат технических наук.
- Атабаев Бабаджан (1894—1978).** Заместитель начальника Упрадиса, начальник Хорезмского облводхоза, начальник Хазараспского райУОС. За участие в революционном движении награжден орденом Красного Знамени Хорезмской республики. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Бябуи Марк Яковлевич (1899—1947).** Главный инженер Узрестроя, участник строительства Большого Ферганского канала им. У. Юсупова, главный инженер Фархадстроя.
- Башлов Ефим Андреевич (1896—1970).** Директор института «Сазводпропз», начальник Упрадиса, начальник Главводхоза МСХ СССР.
- Ботин Павел Иванович (1903—1975).** Главный инженер треста «Ферганаводстрой». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Белобородов Владимир Николаевич (1904—1967).** Начальник Зердолводхоза. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Богадырев Василь Яковлевич (1906—1977).** Начальник Андижанского облводхоза, руководитель группы техсовета института «Узгипроводхоз». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Бузрухшаев Бурхан Холдарович (1918—1974).** Начальник управления эксплуатации Северо-Ферганского канала. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Бурзнашвили Иван Григорьевич (1905—1968).** Заместитель начальника строительства Кат-

такурганского водохранилища, заместитель начальника Фархадстроя, начальник Главного управления эксплуатации Минводхоза РСФСР.

- Вавилов Александр Семенович (1899—1971).** Главный инженер Чирчикстроя, затем Узбеггидроэнергостроя. Кандидат технических наук, заслуженный деятель науки и техники, заслуженный строитель УзССР.
- Вырва Яков Филиппович (1913—1967).** Начальник райводхоза в Каракалпакии, министр водного хозяйства, управляющий «Узводстроя».
- Газарьяни Носиф Сидракович (1898—1967).** Первый заместитель начальника «Узглавводстроя», заместитель министра водного хозяйства и мелиорации Узбекистана.
- Георгиевский Борис Михайлович (1894—1961).** Проводил геологические исследования в низовьях Амударьи в организациях УВХ, затем работал в Институте геологии АН Узбекской ССР.
- Грибанов Иван Игнатьевич (1905—1976).** Заведующий кафедрой статистики сооружений ТИИИМСХ. Кандидат технических наук, заслуженный ирригатор.
- Дадасян Ашот Меликестович (1909—1966).** Директор института «Средазгипроводхоз», заведующий отделом водного хозяйства ЦК КП УзССР. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Дунян-Барковский Лев Валериевич (1912—1978).** Участник строительства БФК, зам. директора Гипроводхоза Минсельхоза СССР, зам. директора ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, зам. директора Института водных проблем АН СССР. Доктор географических наук, заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Захидов Абдулахад Захидович (1919—1978).** Директор САНИИРИ, зав. лабораторией Института кибернетики АН УзССР. Доктор технических наук, заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Иванов Александр Иванович (1901—1960).** Начальник управления эксплуатации Минводхоза УзССР. Преподаватель кафедры эксплуатации ТИИИМСХ. Кандидат технических наук, заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Каллижюк Семен Константинович (1900—1964).** Начальник строительства совхоза «Савай» в Фергане. Дальвертяжской оросительной системы, канала «За Родину», ГЭС № 1 Бозсуйского каскада, Каракумского канала. Лауреат Ленинской премии.
- Каминский Илья Яковлевич (1902—1969).** Директор Сазгипровода, главный инженер Голодностепестроя, зав. кафедрой гидроскловых установок Ташкентского политехнического института. Кандидат технических наук.
- Карницкий Константин Иванович (1904—1976).** Директор Ташкентского опытно-механического ремонтно-экскаваторного завода. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Кенесарин Натая Азизханович (1908—1975).** Зав. кафедрой гидрогеологии ТИИИМСХ. Профессор, доктор геолого-минералогических наук, член-корр. АН УзССР.
- Киселев Михаил Васильевич (1904—1977).** Главный инженер проекта института «Узгипроводхоз». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Колодкевич Дмитрий Павлович (1910—1959).** Заведующий лабораторией эксплуатационной гидрометрии. Кандидат технических наук.
- Костров Иван Николаевич (1888—1976).** Главный инженер строительства канала Янгирлык с сооружениями, главный инженер Влхестроя, на-

- чальник работ Южного (Московского) района канала Москва—Волга, Гидропроект.
- Корниенко Александр Александрович** (1925—1978). Начальник управления по строительству крупных плотин и водохранилищ Узглавводстроя.
- Крутиков Пантелеймон Дмитриевич** (1877—1934). Начальник Кампырраватского водного узла, председатель Ферганского облисполкома, начальник Ферганского управления водного хозяйства, Главный инспектор УВХ Минсельхоза УзССР.
- Лебедев Иосиф Дмитриевич** (1895—1978). Главный инженер Сазгипротода, главный инженер проекта Большого Ферганского канала, член ИТС Средазирсовхозстроя.
- Левин Иван Иванович** (1900—1965). Управленец—Первомайская плотина и канал Даргом, ВНИИГ им. Введенцева—руководитель лаборатории голонных узлов и наносов Ленинградский политехнический институт им. Калинина—проректор по учебной части, зав. лабораторией инженерной гидрологии.
- Малышев Виктор Александрович** (1917—1944). Герой Советского Союза, студент IV курса ТИИМСХ, погиб на фронте.
- Мирзоев Гишбой** (1892—1963). Начальник строительства Большого Ферганского канала, председатель Ферганского облисполкома.
- Мягиков Николай Герасимович** (1909—1964). Заместитель начальника Хорезмского облУОС. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Мортович Дмитрий Николаевич** (1910—1943). Главный инженер Ферганского облУОС. Погиб на фронте.
- Муратов Сулейман Рустамович** (1936—1977). Начальник Зердоловодхоза, заместитель заведующего отделом водного хозяйства ЦК КП Узбекистана, секретарь Кашкадарьинского обкома, начальник Каршистроя, председатель Бухарского облисполкома.
- Неделькин Сергей Федорович** (1905—1972). Начальник отдела топогеодезических работ института «Средазгипроводхлопок». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Николаев Евгений Максимилианович** (1900—1978). Главный специалист технического отдела института «Средазгипроводхлопок». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Павлов Пляс Акбарович** (1905—1969). Начальник Ташкентского облУОС. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Писарчик Константин Константинович** (1908—1979). Главный инженер проекта Узгипротода. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Поляков Евгений Васильевич** (1902—1970). Начальник управления межрайонных каналов Вабхендаря. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Попов Владимир Иванович** (1908—1968). Помощник секретаря ЦК КП Узбекистана Усмана Юсупова, помощник министра хлопководства СССР, главный редактор журнала «Сельская новь».
- Пугачев Сергей Васильевич** (1903—1975). Зам. председателя ИТС Главсредазирсовхозстроя. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Путнев Петр Алексеевич** (1899—1979). Главный инженер Главного управления эксплуатации Минводхоза УзССР. Заслуженный ирригатор УзССР.
- Рязанов Николай Алексеевич** (1923—1972). Заместитель начальника Наманганского облУОС. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Рыков Петр Иванович** (1920—1972). Начальник Бухарского облУОС. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Самострелов Петр Вячеславович** (1903—1970). Декан гидромелиоративного факультета ТИИМСХ, старший научный сотрудник ВНИИГ им. Введенцева. Кандидат технических наук.
- Сяфаров Исмаил** (1902—1963). Начальник Управления, начальник Янгй-Арыкского райУОС Хорезмского облУОС.
- Синяевский Клавдий Никанорович** (1873—1946). Главный инженер Управления эксплуатации Большого Ферганского канала.
- Соколинский Алексей Михайлович** (1908—1969). Главный инженер проекта института «Узгипротода». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Сукерник Борис Давидович** (1915—1979). Главный инженер Узгипротода. Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Супургибеков Казбек Ибрагимович** (1896—1956). Начальник Карадарьинского системного ирригационного управления Анджианского облУОС.
- Терсатский Дмитрий Константинович** (1903—1977). Директор института «Средазгипротода». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Тохтаходжаев Юдаш** (1871—1934). Мираб-башни Кампырраватского водного узла Анджианского облУОС.
- Хорст Георгий Онуифорович** (1903—1978). Главный инженер Управления. Начальник и гл. инженер Кизилтепестроя. Доцент, канд. технических наук, зав. кафедрой мелиорации ТИИМСХа.
- Усманходжаев Бузурук** (1896—1977). Начальник управления эксплуатации Большого Ферганского канала. Герой Социалистического Труда, заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Ушаков Александр Павлович** (1909—1967). Заведующий гидротехнической лабораторией САНИИРИ, зам. начальника управления эксплуатации Минводхоза СССР. Кандидат технических наук.
- Фроликowa Елизавета Яковлевна** (1911—1968). Ст. научный сотрудник САНИИРИ. Кандидат технических наук.
- Финке Макс Фиделиевич** (1893—1974). Заведующий Правобережным Зарафшанским каналом, групповой инженер проектной группы Хорезмского облУОС.
- Хакимбаев Холмирза** (1910—1971). Начальник Наманганского облУОС.
- Хасанханов Муршид** (1906—1977). Начальник Кашкадарьинского облУОС.
- Цветкова Наталья Александровна** (1900—1970). Заведующая лабораторией фильтрации, ст. научный сотрудник САНИИРИ. Кандидат технических наук, заслуженный ирригатор Узбекской ССР.
- Черниковский Иван Иосифович** (1866—1943). Инженер-гидротехник Маргиланского водного округа Ферганской области.
- Шульц Виктор Львович** (1908—1976). Заведующий кафедрой гидрологии ТашГУ им. В. И. Ленина. Доктор технических наук, профессор.
- Якубджанов Касымджон** (1906—1973). Управляющий трестом «Промстройматериалы». Заслуженный ирригатор Узбекской ССР.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5	Мелиорация земель	
Водные ресурсы и их рациональное использование		Глава XXI. Вопросы проектирования мелиоративных мероприятий	267
Глава I. Водные ресурсы и пути их рационального использования	13	Глава XXII. Горизонтальный дренаж	285
Глава II. Гидрологическая информация и прогнозы	22	Глава XXIII. Вертикальный дренаж в Узбекистане	315
Глава III. Режим орошения сельскохозяйственных культур	34	Глава XXIV. Промывные поливы засоленных земель	336
Глава IV. Водопользование	42	Глава XXV. Капитальная промывка засоленных земель на фоне вертикального дренажа в Голодной степи	352
Глава V. Способы и техника полива сельскохозяйственных культур	56	Глава XXVI. Некоторые вопросы теоретического обоснования мелиорации засоленных земель	365
Глава VI. Внутрпочвенное орошение	74		
Глава VII. Потери воды на оросительных системах и меры по их сокращению	81	Водохозяйственное строительство	
Глава VIII. Вопросы проектирования оросительной сети	95	Глава XXVII. Организация водохозяйственного строительства и освоения земель в Узбекистане	375
Глава IX. Лотковые каналы	103	Глава XXVIII. Механизация в ирригационном строительстве и эксплуатации оросительных систем	385
Глава X. Оросительные трубопроводы и их арматура	114	Глава XXIX. Производство специальных работ в ирригации	397
Глава XI. Воломеры и автоматы	120	Глава XXX. Развитие промышленности строительных материалов и конструкций	411
Глава XII. Автоматизация гидромелиоративных систем	129	Глава XXXI. Новые строительные материалы в ирригации	420
Глава XIII. Этапы развития и перспективы переустройства гидромелиоративных систем	148	Глава XXXII. Планировка орошаемых земель	427
Глава XIV. Охрана водных ресурсов от загрязнения	156	Глава XXXIII. Задачи мелиоративной науки в усилении темпов развития народного хозяйства Узбекистана	435
Водохранилища, водозаборные плотины, насосные станции		Глава XXXIV. Основные направления развития эксплуатации мелиоративных систем Узбекистана	441
Глава XV. Водохранилища и гидроузлы	171	Крупные специалисты и общественные деятели, активно участвовавшие в развитии ирригации Узбекистана, чьи фотографии помещены в книге	445
Глава XVI. Водозаборные узлы	200		
Глава XVII. Сейсмостойкость гидротехнических сооружений	210		
Глава XVIII. Русловые процессы на реках	220		
Глава XIX. Регулировочные и берегоукрепительные работы на реках	240		
Глава XX. Насосные станции для орошения и дренажа	249		

ИРРИГАЦИЯ УЗБЕКИСТАНА, ТОМ IV

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС В ИРРИГАЦИИ

Утверждено к печати Бюро Совета по изучению производительных сил республики при АН УзССР

Зав редакцией Л. Е. Слектор
 Редактор Л. Б. Ходанович
 Младший редактор Е. Г. Багаева
 Художественный редактор А. М. Расулов
 Технический редактор Х. У. Бабамуллаева
 Корректоры Ф. А. Сисал, О. Д. Кириллова, Н. А. Трондина

ИБ № 190

Сдано в набор 16.01.81. Подписано к печати 2.02.81. P06184
 Формат 64x100^{1/2}. Бумага типографская № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 64,28. Уч.-изд. л. 60,0 (110^{1/2} печ. л. экз.).
 Тираж 7000. Заказ 11. Цена 9 р. 40 к.
 Издательство «Фан» УзССР, Ташкент, 700017, ул. Гоголя, 70.
 Типография Издательства «Фан» УзССР, Ташкент, проспект М. Горького, 79.