М.Н. БАГРОВ
И.П. КРУЖИЛИН

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ ВЫСШИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

М. Н. БАГРОВ,
И. П. КРУЖИЛИН

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов

ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС»
МОСКВА — 1971

УДК 631.67:626.81/.85](075.8) 3—2—11
271—71

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

В книге «Оросительные системы и их эксплуатация» приведены основные сведения по конструкции оросительных систем и их эксплуатации. Даны общие положения по изысканиям, составу проектов, контролю за ходом строительства, приемке в эксплуатацию оросительных систем. В соответствующих разделах рассмотрены теоретические основы планирования водопользования, состав и порядок разработки и выполнения планов водопользования в хозяйствах и на оросительных системах, вопросы предупреждения засоления и заболачивания орошаемых земель, методика воднобалансовых расчетов. Большое внимание уделено уходу за каналами и сооружениями, учету воды и отчетности на оросительных системах.

Книга написана по программе курса, утвержденной Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования МСХ СССР, и предназначена в качестве учебного пособия для студентов агрономических факультетов со специализацией по орошаемому земледелию. Она может быть полезной также специалистам, работающим по эксплуатации оросительных систем.

Введение, главы I, III, V, VI написаны доктором сельскохозяйственных наук проф. М. Н. Багровым, главы II, IV — доцентом И. П. Кружилиным.

Отзывы о книге и пожелания просим направлять по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19, издательство «Колос».

Багров, Михаил Николаевич и Кружилин, Иван Пантелеевич

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ. М., «Колос», 1971.

208 с. с илл. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

УДК 631.67:626.81/.85](075.8)

Редактор В. М. Самсонова
Художественный редактор Н. М. Коровина
Технические редакторы Н. Н. Соколова, Н. Н. Коптина
Корректор А. А. Швецова

Сдано в набор 20/VII 1970 г. Подписано к печати 11/XII 1970 г. Т 19 509. Формат 84×108 1/32. Бумага тип. № 2. Печ. л. 6,5 (10,92). Уч.-изд. л. 11,08. Изд. № 137. Т. п. 1971 г. № 271. Тираж 11 000 экз. Заказ 5637. Цена 59 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.
Типография им. Смирнова Смоленского областного управления по печати, г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.

ВВЕДЕНИЕ

Решения партии и правительства о развитии орошения и улучшении эксплуатации оросительных систем. Советское государство с первых дней своего существования уделяет развитию орошения большое внимание.

Неоценимая заслуга в развитии орошения в стране принадлежит В. И. Ленину. Борьбу с засухой он рассматривал как одну из главных народнохозяйственных проблем. Ярким свидетельством этого является подписанный им в мае 1918 г. декрет об оросительных работах в Туркестане и об ассигновании на эти цели 50 млн. руб., когда особенно остро ощущался недостаток в материальных средствах.

По инициативе и при непосредственном участии В. И. Ленина был разработан в 1920 г. план электрификации России — ГОЭЛРО. В этом историческом документе, охватывающем ряд крупнейших народнохозяйственных проблем, особое место занимали вопросы орошения.

В. И. Ленин рассматривал орошение как важнейший социально-экономический и политический фактор в преобразовании страны. В письме к кавказским коммунистам Азербайджана, Грузии, Армении, Дагестана, Горской республики от 14 апреля 1921 г. он писал: «Орошение больше всего нужно и больше всего пересоздает край, возродит его, похоронит прошлое, укрепит переход к социализму».

Большое значение в развитии орошения в стране имело подписанное В. И. Лениным постановление Совета Труда и Обороны от 29 апреля 1921 г. «О борьбе с засухой», где подробно изложена программа комплекса агрономических, мелиоративных, лесомелиоративных и организационно-хозяйственных мероприятий. Народному Комиссариату Земледелия и его местным органам предлагалось принять срочные меры по приведению в порядок и ремонту ирригационных сооружений, оросительных систем и орошаемых участков

Туркестана, Киргизской республики, Северного Кавказа, Средневолжского и Нижневолжского районов.

В практическом осуществлении поставленной проблемы большое значение имело постановление Совета Труда и Обороны от 3 августа 1921 г. об организации мелиоративных товариществ для совместного производства мелиоративных и других водохозяйственных работ. Эта организация являлась в то время одной из лучших форм коллективного труда.

В районах Средней Азии успешному восстановлению и развитию орошаемого земледелия также способствовало введение земельно-водной реформы.

Развитию орошения в хлопковых районах большое значение придавал XV съезд партии. В решении съезда было записано: «Важным фактором воздействия на крестьянство являются крупные мелиоративные сооружения, так, например, ирригационные работы в Средней Азии (хлопководство) и на Кавказе. Ирригационная система в руках пролетарского государства может стать мощным регулятором производственного процесса и орудием поддержки бедняцких и середняцких слоев крестьянства».

Вопросы развития орошения нашли свое яркое отражение и в решениях XVII съезда партии (1932 г.), где ирригация Заволжья в широких масштабах рассматривалась как основное средство борьбы с засухой и увеличения производства зерна.

Особое место в развитии мелиорации в стране принадлежит народным стройкам, начавшимся в 1938 г. Метод народного строительства был высоко оценен ЦК ВКП(б) и СНК СССР.

Великая Отечественная война с немецко-фашистскими захватчиками нанесла огромный ущерб орошаемому земледелию. В это время мелиоративные работы были значительно сокращены.

Послевоенный период характерен возрастающими темпами дальнейшего развития водохозяйственного мелиоративного строительства. В пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. была поставлена задача: увеличить за пятилетие орошаемые площади на 656 тыс. *га* и одновременно ввести в сельскохозяйственный оборот ранее орошаемые земли в Средней Азии и других районах, улучшить техническую эксплуатацию оросительных систем, повысить уровень механизации работ по строительству и очистке оросительных систем, провести ряд водохозяйственных работ по строительству и эксплуатации прудов и водоемов.

В 1947 г. февральским Пленумом ЦК партии было принято решение о развитии орошения в районах Средне-Русской возвышенности, Поволжья, Северного Кавказа, Крыма, Украины, Западной Сибири и в неорошаемых районах Казахской ССР в целях созда-

ния участков гарантированного урожая зерновых, технических и других сельскохозяйственных культур.

В 1950 г. было принято постановление о переходе на новую систему орошения и строительстве крупнейших гидротехнических объектов, таких, как Куйбышевская ГЭС им. Ленина и Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС на р. Волге, Главный Туркменский канал, питающийся водами р. Амударьи, Каховская ГЭС на р. Днепре, Волго-Донской канал. Строительство этих сооружений открывало широкие возможности комплексного решения задач по электрификации, транспорту, орошению и обводнению соответствующих территорий в целях дальнейшего развития и интенсификации социалистического сельского хозяйства.

В июне 1959 г. ЦК КПСС и Советом Министров СССР была поставлена перед всеми республиками Средней Азии и Закавказья задача о проведении в течение 1959—1965 гг. соответствующих мер по борьбе с потерями воды в каналах, повышению коэффициента полезного действия оросительных систем, использованию всех земель с оросительной сетью и улучшению работ по мелиорации. Этому вопросу большое внимание уделено и в постановлении февральского (1964 г.) Пленума ЦК КПСС. Пленум потребовал от ЦК КП и Советов Министров союзных республик, Госземводхоза СССР принять неотложные меры, обеспечивающие повышение эффективности использования всех поливных земель и выполнение плана освоения новых орошаемых земель.

Директивами XXIII съезда КПСС и решением майского Пленума ЦК КПСС (1966 г.) положено начало нового этапа развития мелиорации в нашей стране.

Программой мелиоративных работ предусмотрено увеличение в течение десятилетия площади орошаемых земель на 7—8 млн. *га*. Одновременно с ростом новых орошаемых земель запланировано улучшение мелиоративного состояния земель всех действующих оросительных систем. Поставлена принципиально новая задача в отношении мелиоративного строительства в СССР. Наряду с дальнейшим ростом орошаемых земель в районах Средней Азии, Закавказья, Южного Казахстана признано необходимым значительно повысить темпы водохозяйственных работ на Северном Кавказе, юге Украины, в Молдавии и приступить к строительству оросительных систем в Поволжье в целях создания в этих районах крупного производства зерновых (пшеница, рис, кукуруза), кормовых и других сельскохозяйственных культур.

В нечерноземной полосе предусмотрено известкование всех пахотных земель и пастбищ с кислыми почвами. Предложено провести коренное улучшение лугов и пастбищ на площади 9 млн. *га* и обводнение пастбищ на площади 50 млн. *га*.

Запланирована система мер по борьбе с водной и ветровой эрозией почв. О защите почв от ветровой и водной эрозии принято специальное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 20 марта 1967 г., где подробно изложена программа комплексных мероприятий по осуществлению этой важной народнохозяйственной проблемы.

Июльский Пленум ЦК КПСС (1970 г.) наметил ввести в действие в 1971—1975 гг. 3 млн. *га* новых орошаемых земель, построить мелиоративные системы в переувлажненных районах на площади 5 млн. *га*, в том числе с закрытым дренажем — 3 млн. *га*, выполнить на площади 8 млн. *га* работы по улучшению лугов, пастбищ и других угодий.

Дореволюционное и современное состояние орошения в стране и пути эффективного использования орошаемых земель. В каждую общественно-экономическую формацию многовековой истории орошения оросительные системы имели свои особенности. При первобытно-общинном строе оросительные системы состояли из примитивных водозаборов и каналов, подводящих воду к полю общины. В дальнейшем создавались общие каналы для нескольких общин. Усложнялись в связи с этим и формы эксплуатации, и порядок водораспределения; возникала необходимость в специальных органах, осуществляющих надзор за потреблением воды.

В период рабовладельческого общества усложнились и оросительные устройства, и формы водопользования. Вода из источника орошения забиралась с помощью более совершенных головных сооружений и транспортировалась к полям по более крупным каналам. Водные и земельные ресурсы в этот период были собственностью рабовладельцев, пользующихся неограниченной властью.

С распадом рабовладельческого строя и переходом к феодальному обществу в развитии ирригационной техники наблюдался упадок, вызванный, с одной стороны, постоянной враждой между феодалами, с другой — нападением кочевников. Феодально-родовые отношения наложили отпечаток и на формы эксплуатации ирригационных сооружений и водораспределение. В Средней Азии и Закавказье распределение воды в этот период стало наиболее жестоким средством эксплуатации бедняцко-крестьянского населения. Феодалы, пользуясь сложившимися обычаями — адатом, присваивали себе неограниченное право распоряжаться водой и землей.

Развитие капитализма в России не внесло существенных изменений в земельно-водные отношения. Сохранилась на прежнем средневековом уровне и техника орошения.

После Великой Октябрьской социалистической революции водное и земельное неравенства были навсегда ликвидированы. Ирригация переходила на социалистический путь развития.

В Среднеазиатских республиках земельно-водная реформа была полностью завершена в 1925—1929 гг.

Дореволюционные оросительные системы Средней Азии, Закавказья и других орошаемых районов были весьма примитивны: они представляли собой сильно извилистую оросительную сеть с низким коэффициентом полезного действия. Головные сооружения систем в большинстве случаев были неинженерного типа. Требовались неотложные меры по улучшению технического состояния водного хозяйства. Эта задача осуществлялась организованной службой эксплуатации оросительных систем. Работа продолжалась длительное время и заключалась в первую очередь в объединении подводящих каналов, их спрямлении, профилировании и ошлюзовании. Орошение полей строилось на новой плановой основе — участки обеспечивались водой в соответствии с утвержденными планами водопользования.

Главные усилия в первые две пятилетки (1929—1937) были направлены на восстановление и расширение орошаемых земель в хлопководческих районах Средней Азии и Закавказья.

В предвоенные годы (третья пятилетка) особое внимание было обращено на улучшение эксплуатации оросительных систем и их реконструкцию применительно к новым социально-экономическим формам хозяйства (колхозы, совхозы). Созданные на крупных системах системные управления организационно окрепли и были оснащены всем необходимым для проведения эксплуатационных работ на более высоком техническом уровне.

Важную роль в развитии орошения сыграло массовое ирригационное строительство, осуществляемое силами трудящихся при материальной помощи государства.

Методы народных строек были применены в Средней Азии (Большой Чуйский, Северный Ферганский, Южный Ферганский, Большой Зеравшанский, Ташкентский, Большой Гиссарский каналы и др.), в Закавказье (Самур-Дивичинский канал), на Северном Кавказе (Невинномысский канал).

В годы Великой Отечественной войны с немецко-фашистскими захватчиками мелиоративные работы продолжались только в Среднеазиатских республиках. Было завершено строительство некоторых объектов, начатое еще в предвоенные годы (Ортотокойское водохранилище, Большой Гиссарский канал, Душамбинский канал и др.).

В 1946 г. мелиоративные работы возобновились. Наряду с восстановлением старых оросительных систем большие работы проводились по расширению площадей орошаемых земель за счет освоения перелогов, ликвидации параллелизма оросительных каналов и проведения ряда усовершенствований. Особенно широко проводились эти работы в пятидесятых годах в связи с укрупнением колхо-

зов и переходом на новую систему орошения. В течение пяти лет были перестроены оросительные системы на площади 3 млн. *га*. Число поливных участков на этой площади сократилось с 280 тыс. до 58 тыс. (почти в 5 раз). Поливной участок увеличился в среднем с 5,7 до 27,9 *га*.

За годы Советской власти площадь орошаемых земель в стране увеличилась с 3,9 млн. примерно до 12 млн. *га*. В дореволюционный период около 3 млн. *га* орошаемой площади находилось в Средней Азии. В европейской части страны поливных земель было очень мало; здесь орошение начало развиваться в больших масштабах в послевоенный период, когда были построены крупные оросительные и обводнительно-оросительные системы.

Наиболее крупные водохозяйственные объекты, построенные после 1946 г., следующие: в РСФСР — гидроузлы на Волге и ее притоках, Волго-Донской канал, Цимлянский гидроузел, Нижне-Донская, Багаевская, Садковская, Азовская, Право-Егорлыкская оросительные системы; на Украине — Ивановская, Благовещенская, Каменская, Салгирская, Ингулецкая и другие оросительные системы; в Азербайджанской ССР — Верхне-Ширванский, Левобережный, Главный Муганский каналы; в Армянской ССР — Нижне-Раздан-ский, Лорийский, Талинский каналы и др.

Широкий размах приняли ирригационно-строительные работы в Среднеазиатских республиках.

В Таджикской ССР построены такие крупные каналы, как имени 40 лет Октября, Верхне-Дальверзинский, Рахатинский, Ходжа-Бакирганский и др.; в Киргизской ССР введены в эксплуатацию Краснореченская, Отуз-Одырская, Комсомольская оросительные системы и проложено много крупных магистральных каналов; в Туркменской ССР завершено строительство Каракумского канала, ряда водохранилищ и других объектов.

Особое место по развитию орошения занимает Узбекская ССР. Здесь за годы Советской власти площадь орошаемых земель увеличилась более чем на 1 млн. *га*. Особенно важным и сложным гидромелиоративным объектом является Голодная степь, где площадь орошаемых земель уже теперь составляет около 400 тыс. *га*. Построено и введено в действие очень много крупных водохозяйственных объектов — головных сооружений оросительных систем, водохранилищ.

Практикой доказано, что продуктивность орошаемых земель в засушливых районах примерно в 2 раза выше, чем в условиях богарного земледелия. Урожай озимой и яровой пшеницы повышается от поливов на 15—20 (30) *ц/га*.

Так, колхозы и совхозы Украины в 1967 г. получили средний урожай пшеницы 36 *ц/га*. Многие хозяйства Ставропольского и

Краснодарского краев, Молдавской ССР собирают этой ценнейшей культуры по 40—50 *ц/га*. Однако еще не все хозяйства получают высокие урожаи, что свидетельствует о низкой культуре орошаемого земледелия в этих районах (нарушение поливных режимов, недостаточное качество полива, уменьшение нормы внесения удобрений, неправильные севообороты и т. д.). Вместе с тем при современной оснащенности сельского хозяйства техникой созданы все необходимые условия для обеспечения высокой культуры поливного земледелия во всех орошаемых районах.

Технико-экономические показатели эксплуатации оросительных систем и освоения орошаемых земель. Экономическая эффективность орошаемых земель будет выше, чем богарных, при условии, если добавочная продукция, полученная в результате орошения, обеспечит повышение чистого дохода и устойчивую рентабельность сельскохозяйственных предприятий.

В повышении эффективности орошаемого земледелия немаловажное значение имеют специализация хозяйств и структура посевных площадей сельскохозяйственных культур. В колхозах Среднеазиатских республик с однотипной специализацией (хлопководство) средний валовой объем продукции растениеводства и животноводства в расчете на гектар орошаемой площади по государственным закупочным ценам в 2—3 раза выше, чем в других республиках.

Однако экономическая эффективность поливных культур различна. Например, зерновые (за исключением риса) при современной технике их возделывания менее выгодны, чем многие другие культуры. Но в степных засушливых районах, где урожай неполивных культур резко колеблется по годам, орошение этих культур целесообразно.

Ярким примером этого может служить производственный опыт колхоза имени Ленина Джанкойского района Крымской области. Здесь в 1967 г. получен средний урожай зерна поливной пшеницы на площади 446 *га* по 56,5 *ц/га*, а в богарных условиях — по 23,8 *ц/га*. Себестоимость одного центнера зерна с поливной площади составила 1 руб. 52 коп., а на богаре — 1 руб. 82 коп. Чистый доход с орошаемого участка исчислялся в 445 *руб/га*, а с неполивного — 202 *руб/га*.

Большое значение в повышении рентабельности хозяйства имеет также применение комплексной механизации в сочетании с высокой агротехникой и химизацией поливных земель.

В суммарных издержках на орошение значительная доля расходов падает на эксплуатацию оросительных систем (заработная плата эксплуатационному персоналу, очистка каналов, защитно-регулировочные и берегоукрепительные работы, уход за гидротехническими сооружениями, ремонт их и т. д.). Удельные затраты по эксплуатации государственных оросительных систем без аморти-

зационных отчислений составляют по самотечным системам 9,8 руб. (по разным типам систем от 8,7 до 18,8 *руб/га*) и по системам с механическим орошением — 19,3 руб. (по разным типам систем от 13,3 до 39,8 *руб/га*). Самая высокая стоимость эксплуатации при механическом орошении — в предгорных районах Среднеазиатских республик, а при самотечном — в предгорных районах Закавказских республик и в условиях дельтовых систем. Самая низкая стоимость эксплуатации — долинных систем РСФСР, Украины, Молдавии.

Повышенная стоимость эксплуатации самотечных систем вызвана большим объемом работ по очистке каналов от наносов, а систем с механическим орошением — дополнительными расходами на энергию по подъему воды. В общих суммах годовых издержек значительная доля приходится на амортизационные отчисления (восстановление и капитальный ремонт). С учетом этих отчислений суммы годовых издержек составляют 20—50 *руб/га*.

Себестоимость одного кубометра воды колеблется по отдельным орошаемым районам от 0,2 до 3,5 коп. В большинстве случаев себестоимость кубометра воды в точках хозяйственного выдела составляет 0,2—0,4 коп. При механическом орошении в Средней Азии и Азербайджане себестоимость кубометра воды равна 0,4—0,6 коп., а в степных и лесостепных районах РСФСР, Украины и Молдавии (при подъеме воды на 20—40 *м* и более) — несколько выше. По Молдавской республике себестоимость кубометра воды в среднем составляет около одной копейки.

Устойчивым показателем работы системы является себестоимость орошения одного гектара.

Наиболее существенные статьи эксплуатационных расходов — амортизационные отчисления и очистка каналов от наносов. Эти две статьи расходов составляют более 60% общих затрат на эксплуатацию оросительных систем. Поэтому для удешевления эксплуатационных работ прежде всего необходимо добиваться снижения амортизационных отчислений и уменьшения расходов по очистке каналов от наносов. Снижение амортизационных отчислений достигается улучшением использования основных фондов системы, а уменьшение расходов на очистку каналов от наносов — устройством отстойников, аккумулирующих большую часть наносов, повышением коэффициента полезного действия систем, внедрением механизированных способов очистки каналов.

Могут быть значительно уменьшены расходы на содержание эксплуатационного штата путем внедрения автоматизации и телемеханизации на системах.

Рост валовой сельскохозяйственной продукции в значительной степени зависит от правильного использования земельных и водных ресурсов. Решающая роль в этом принадлежит агроному.

I. ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ОРГАНИЗАЦИЯ

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

Оросительная система — это сложное водохозяйственное предприятие. Она представляет собой совокупность каналов, сооружений, механизмов, оборудования, средств связи и многих других составных элементов, рассредоточенных по всей территории, обслуживаемой этой системой. Эксплуатацией таких систем занимаются специальные водохозяйственные организации — управления оросительных систем.

С помощью соответствующих сооружений оросительная система выполняет сложные и многообразные функции: забор воды из источника орошения, транспортирование ее на орошаемую территорию и распределение между водопользователями, севооборотными и поливными участками. Здесь вода посредством поливов переходит из состояния водного потока в состояние почвенной влажности.

Для обеспечения нормальной работы оросительной системы все ее составные элементы должны находиться в рабочем состоянии. Водохозяйственные организации и все водопользователи призваны с неослабным вниманием следить за состоянием оросительной системы и принимать своевременные меры по улучшению ее технического состояния, а также обеспечивать использование поливных земель на высоком агротехническом и агромелиоративном уровне. Выполнение этих требований обеспечивает получение высоких и устойчивых урожаев, снижает себестоимость получаемой продукции, повышает чистый доход и рентабельность сельскохозяйственного производства, сокращает срок окупаемости капитальных затрат на строительство оросительной системы.

Оросительные системы принято делить по ряду признаков: по сельскохозяйственному направлению орошаемых районов, техническому состоянию, производственной мощности, способу забора воды из источника орошения, геоморфологическим условиям, орошаемой территории, числу обслуживаемых хозяйств.

В зависимости от сельскохозяйственного направления орошаемых районов оросительные системы делят на четыре вида:

системы хлопковых районов (Среднеазиатские республики);

системы районов рисосеяния (РСФСР, Украина, Узбекская ССР);

системы районов плодоовощного направления (РСФСР, Украина, Молдавия и другие республики);

системы засушливых районов недостаточного естественного увлажнения, преимущественно зернового направления.

Каждый вид системы имеет свои особенности не только в плановом расположении каналов и организации орошаемой территории, но и в организации труда и механизации сельскохозяйственного производства.

По техническому состоянию оросительные системы делятся на простые бытовые, улучшенные бытовые и новые (инженерные).

К простым бытовым системам относятся дореволюционные системы, которые реконструированы не полностью и имеют большие недостатки: неправильное плановое расположение оросительной сети, извилистость каналов, отсутствие или недостаток сооружений на оросительной системе, низкий коэффициент полезного действия каналов, неправильная конфигурация поливных участков и другие недостатки, препятствующие нормальной эксплуатации системы.

К улучшенным бытовым системам относятся дореволюционные системы, которые подвергались более существенной реконструкции, лучше оборудованы гидротехническими сооружениями и имеют бо́льшую пропускную способность каналов. Однако и они имеют ряд недостатков.

К новым (инженерным) относятся системы, соответствующие высокому техническому уровню. На многих современных системах каналы имеют бетонные и железобетонные покрытия (рис. 1) или выполнены в виде

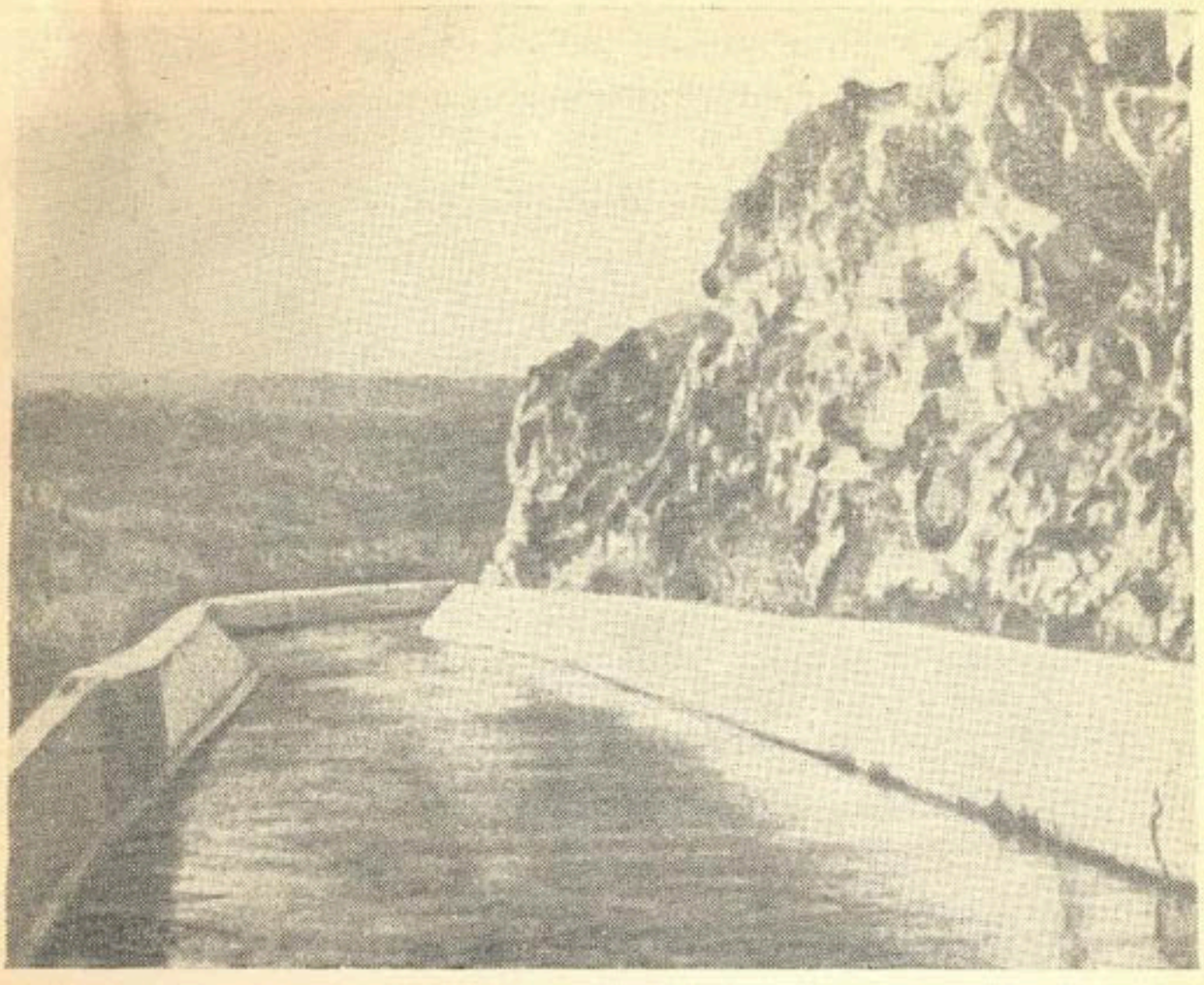


Рис. 1. Талинский оросительный канал (Армянская ССР).

лотков (рис. 2) и закрытых трубопроводов, обеспечивающих высокий коэффициент полезного действия оросительной сети. Системы оснащены регулирующими сооружениями (рис. 3), что способствует успешному проведению планового водопользования.

По производственной мощности различают три группы (категории) оросительных систем.

К первой группе относятся системы с головным забором воды свыше 100 *м*³/*сек* или с суммарным головным забором свыше 150 *м*³/*сек*; водохранилища емкостью более 500 млн. *м*³; системы с площадью орошения свыше 60 тыс. *га*.

Ко второй группе относятся системы с головным водозабором 50—100 *м*³/*сек* или с суммарным головным водозабором 100—150 *м*³/*сек;* водохранилища емкостью 250—500 млн. *м*³; гидроузлы с головным водозабором более 100 *м*³/*сек*; системы с площадью орошения 30—60 тыс. *га*; эксплуатационные районные производственные участки с площадью орошения свыше 30 тыс. *га*.

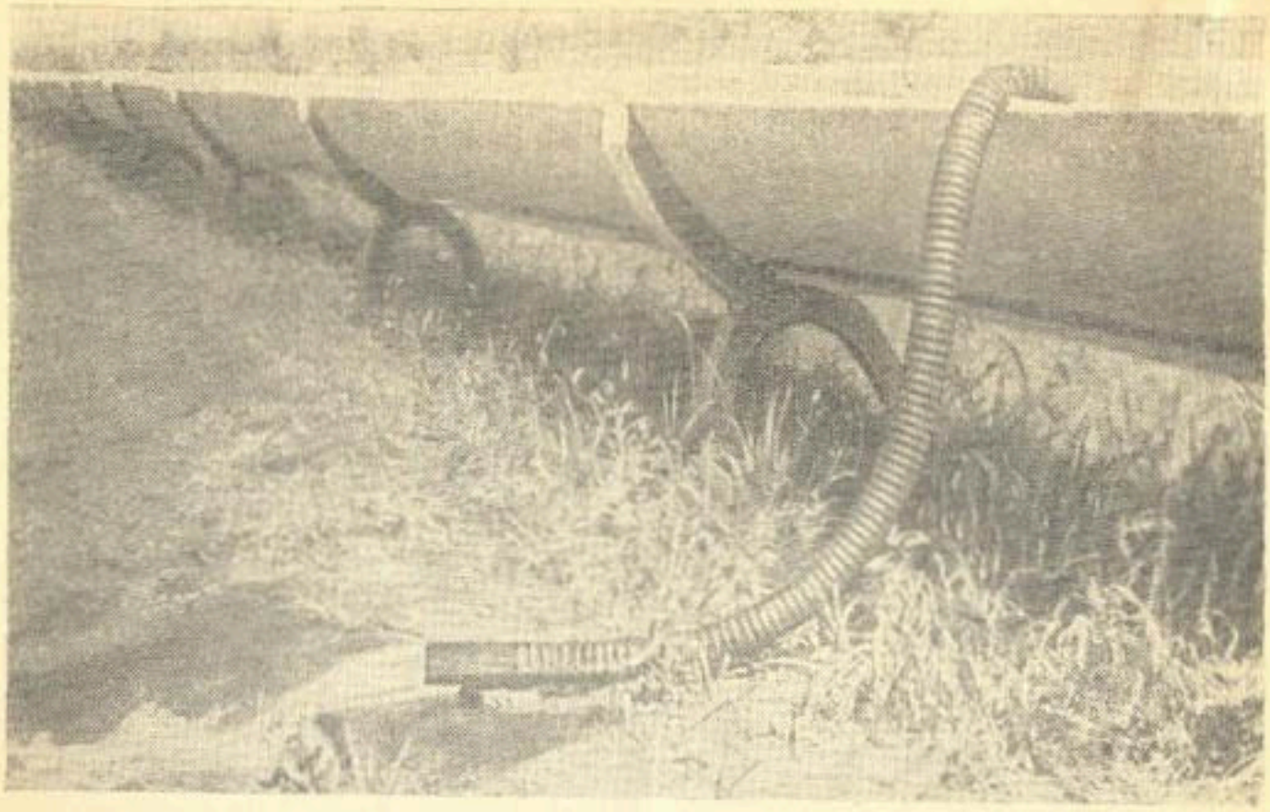


Рис. 2. Сифон для пуска воды из лотка.

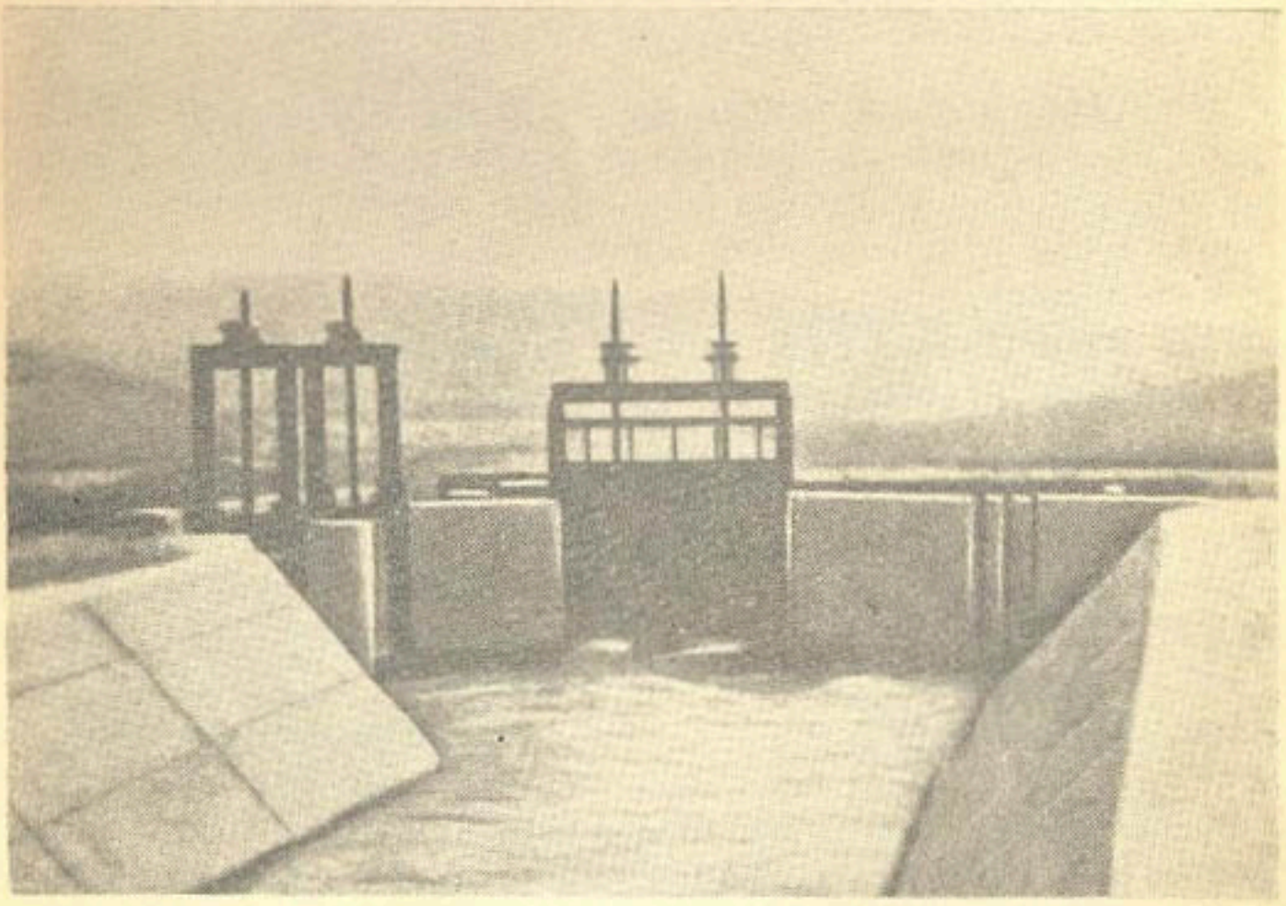


Рис. 3. Вододелитель на оросительной системе.

Третья группа включает системы с головным водозабором до 50 *м³/сек* или с суммарным головным водозабором 100 *м³/сек*; водохранилища емкостью до 250 млн. *м³*; гидроузлы с головным водозабором менее 100 *м³/сек*; системы с площадью орошения до 30 тыс. *га*.

При отнесении оросительных систем к группам принимают следующие эквиваленты: лиманное орошение — 2 тыс. *га* за 1000 *га* регулярного орошения; обводнение земель — 10 тыс. *га* за 1000 *га* орошения; обслуживание водопроводов — 10 *км* водопровода за 1000 *га* орошения; обводнение земель из шахтных и трубчатых колодцев — 20 тыс. *га* обводнения за 1000 *га* орошения.

По способу забора воды из источника орошения различают самотечные оросительные системы и с механическим водоподъемом.

Самотечные системы применяют при расположении орошаемого массива ниже горизонта воды в источнике орошения; в этом случае вода поступает в канал самотеком по уклону местности.

Системы с механическим подъемом воды применяют, если орошаемый массив находится выше горизонта воды в источнике. Водозабор осуществляется насосной станцией.

Геоморфологические условия в значительной мере определяют плановое расположение каналов оросительной системы. По этим признакам различают три типа оросительных систем: предгорный, долинный и системы водораздельных равнин и плато.

Системы предгорного типа устраивают преимущественно в районах Средней Азии, системы долинного типа в бассейнах крупных рек (Волга, Терек), системы водораздельных равнин и плато — в Заволжье и в степных и лесостепных районах Украины.

Если система обслуживает одно хозяйство, то она называется внутрихозяйственной; если два и более хозяйств — межхозяйственной.

Межхозяйственные системы, расположенные на территории двух и более областей или республик, называются соответственно межобластными и межреспубликанскими. Кроме оросительных систем, предназначенных в основном для орошения сельскохозяйственных культур, существуют обводнительные системы, обслуживающие пастбищные территории и безводные земледельческие районы. Имеются также системы смешанного

типа — для орошения и обводнения. Если преобладает обводнение, система называется обводнительно-оросительной; если преобладает орошение — оросительно-обводнительной.

Оросительные системы включают множество элементов. Основные из них следующие:

головное (водозаборное) сооружение — служит для забора воды из источника орошения и подачи ее в магистральный канал;

магистральный канал и его ветви — транспортируют воду к орошаемому массиву и распределяют ее между межхозяйственными или непосредственно между хозяйственными распределителями;

хозяйственные распределители — распределяют воду между севооборотными участками или подают ее непосредственно в участковые распределители и обеспечивают водой временную оросительную сеть;

временная регулирующая сеть (временные оросители, выводные и вспомогательные борозды) — подает воду в поливные борозды, полосы, чеки;

сеть водосборно-сбросных каналов (водосборные, нагорные, дренажные каналы, концевые и запасные сбросы);

гидротехнические сооружения различных типов, конструкций, размеров и назначений, гидрометрические створы, водомерные приспособления, смотровые колодцы для наблюдений за уровнем грунтовых вод;

служебные дороги с сооружениями на них;

средства связи для оперативного управления работами по всем пунктам эксплуатационной службы (телефоны, радиоприемники, радиопередаточная станция);

производственные, служебные, жилые и все другие гражданские здания, склады, гаражи, мастерские, подсобные помещения;

транспорт, набор необходимых механизмов, снарядов, инструментов;

полосы отчуждения под каналы и под все виды сооружений, дороги, древесные насаждения в полосах отчуждения и полезащитные лесные полосы.

Под эксплуатацией оросительных систем понимают комплекс водохозяйственных мероприятий, направленных на дальнейшее совершенствование и улучшение состояния оросительных систем, создание условий для механизации и автоматизации процессов водораспределе-

ния, улучшение мелиоративного состояния почв, повышение уровня механизации трудоемких процессов и т. д.

В современных условиях требования к оросительным системам значительно повысились, в связи с чем изменились характер и содержание эксплуатационных работ.

Техническое состояние дореволюционных оросительных систем не отвечает современным требованиям, вследствие чего эффективность использования орошаемых земель снижается. Одно из главных препятствий для правильной эксплуатации оросительных систем и высокоэффективного освоения орошаемых земель — неполное переустройство старых оросительных систем. Нередко на таких системах либо совсем нет водозаборных сооружений, либо они весьма примитивны и трудно регулируемые. Встречается параллельное расположение водоподводящих каналов, имеющих обычно значительную длину транзитных участков. Сохранившаяся на старых системах густая сеть постоянных внутрихозяйственных каналов делит орошаемые площади на небольшие поливные участки, что усложняет механизацию сельскохозяйственных работ. В большинстве случаев внутрихозяйственная сеть армирована недостаточно. Все это в общей сложности затрудняет проведение эксплуатационных работ на высоком техническом уровне. Поэтому одним из главных условий повышения технического уровня эксплуатации старых оросительных систем является переустройство их в такой мере, чтобы можно было обеспечивать правильное водораспределение по системе, повысить коэффициент полезного действия каналов, поддерживать нормальные гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия на территории системы, обеспечивать оперативность и легкость маневрирования водораспределением.

Для выполнения этих требований необходимо прежде всего устройство на системе такого водозаборного сооружения, которое позволило бы легко и правильно регулировать забор воды из источника орошения.

Сложные и разнообразные работы требуется проводить по улучшению технического состояния магистрального канала и межхозяйственной сети. В первую очередь приходится спрямлять каналы и улучшать поперечные профили. Если оросительная вода содержит большое количество наносов, устраивают отстойник.

Кроме того, важное значение имеют: уменьшение потерь воды в каналах, оснащение оросительной сети сооружениями, посадка древесных насаждений вдоль каналов; устройство дренажной, коллекторной и сбросной сети, гидрологических постов и смотровых колодцев для наблюдения за уровнем грунтовых вод.

При переустройстве внутрихозяйственной оросительной сети необходимы такие мероприятия, как ликвидация ненужных постоянных каналов, укрупнение поливных участков, спрямление оставляемых каналов, придание им правильного поперечного профиля, оснащение соответствующей арматурой, создание лесных насаждений вдоль постоянных каналов.

Особого внимания заслуживают работы по планировке поверхности полей и усовершенствованию техники полива. Важную роль также играет устройство на орошаемых полях профилированных дорог с соответствующими сооружениями (мосты, водоспуски).

Оросительные системы с механическим водоподъемом должны быть переведены на автоматизацию и телемеханизацию управления насосными станциями, что позволит рациональнее использовать оборудование насосных станций и повысить надежность их работы.

На участках «малого орошения» за счет использования местного стока выгоднее вместо стационарных систем применять передвижную насосную станцию (рис. 4) и быстроразборный трубопровод.

Высокие показатели имеют автоматизированные дождевальные системы с закрытыми трубопроводами, гидрантами, выведенными на поверхность, и с дождевальными насадками, включение и выключение которых осуществляется на насосной станции.

Одно из наиболее важных эксплуатационных мероприятий как по значимости, так и по объему и стоимости — это очистка оросительной сети от наносов. Своевременное выполнение этих работ возможно только при оснащении оросительных систем всеми необходимыми механизмами (экскаваторы, землесосы, бульдозеры, грейдеры, канавокопатели и др.). Для улавливания донных наносов необходимо устройство в головной части каналов песко-гравиеловок, которые уменьшают объем ежегодно проводимых работ по очистке каналов от наносов.

Выполнение комплекса эксплуатационных мероприятий не только улучшает водопользование, но и способ-

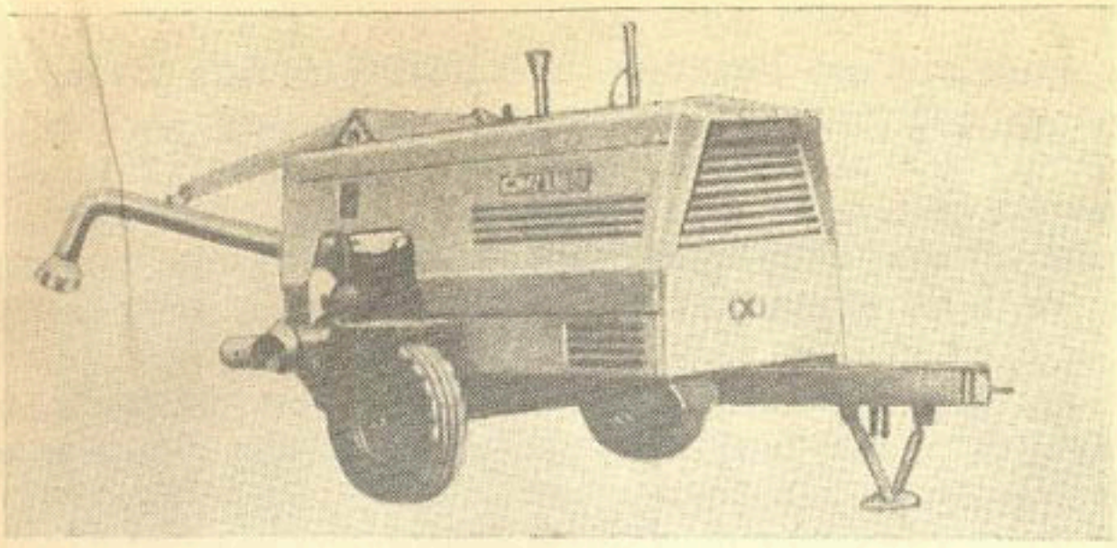


Рис. 4. Передвижная насосная станция СНП-50/80.

ствует повышению эффективности использования орошаемых земель — поднятию их продуктивности.

Оценка работы оросительной системы дается по трем показателям: общим, экономическим и техническим. Под общими показателями понимается объем проведенных работ в целом. Экономические показатели характеризуют выполнение годового производственно-финансового плана системы по видам работ (очистка и ремонт, проведение планов водопользования, реконструкция каналов и сооружений и т. д.). Сюда относятся также стоимость эксплуатационных затрат на 1 *га* орошаемой площади, стоимость 1 $м^3$ воды, поданной водопользователю, и др.

Технические показатели приводятся раздельно по водопользованию и технической эксплуатации системы.

Водопользование характеризуется показателями по источнику орошения, оросительной системе, хозяйствам (водопользователям), мелиоративному состоянию земель.

По источнику орошения указывают, в какой мере обеспечиваются потребности в воде на орошение и другие хозяйственные нужды.

По оросительной системе приводят данные о количестве забранной воды в головной части системы, объеме воды, поступившем на орошение, объеме вынужденного сброса и потерь воды в каналах, коэффициенте полезного действия межхозяйственных каналов.

По хозяйствам приводят: общее число их, орошаемую площадь по каждому хозяйству, состав и урожай культур, фактический поливной режим по культурам, коэффициент полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети.

Мелиоративное состояние земель отражают такими данными: площадь засоленных и заболоченных земель, глубина залегания грунтовых вод на территории системы, степень дренированности территории системы, эффективность мелиорации засоленных и заболоченных земель.

Техническая эксплуатация оросительных систем характеризуется показателями по следующим статьям расходов:

содержание штата, с выделением расходов на зарплату и административно-хозяйственные нужды;

выполнение плана водопользования и противопаводковые мероприятия;

содержание насосной станции, с разделением расходов на зарплату работникам станции и на ремонтные работы и горючее;

содержание всех видов каналов и их ремонт;

содержание гидротехнических сооружений (охрана, текущий и капитальный ремонты);

содержание вспомогательных средств системы (транспорт, связь, гидрометрические посты, аварийные запасы, гражданские здания) и ремонт производственного инвентаря;

паспортизация и инвентаризация, исследования, оказание помощи производству, курсовые мероприятия. Отдельно приводится инвентарная стоимость системы.

Анализ хозяйственной деятельности системы за отчетный период, сопоставление расходов по разделам, группам, рубрикам позволяют более правильно запланировать мероприятия по улучшению работы оросительной системы.

ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИЕ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Изысканиями и проектированием водохозяйственных объектов (оросительных систем) занимаются специализированные проектно-изыскательские институты (гипроводхозы) и другие организации. Задания на проведе-

ние проектно-изыскательских работ эти организации получают от заказчика. Заказчиками, как правило, являются областные ведомства, которые выдают наряд-заказы в пределах утвержденных правительством лимитов капитальных вложений. Задание на проектирование включается в планы работ проектных организаций и финансируется за счет средств заказчика проекта. В задании указывается основание для проектирования, назначение оросительной системы (орошение, энергетика, транспорт, рыбное хозяйство и т. п.), направление развития сельскохозяйственного производства, типы хозяйств (колхозы, совхозы и другие предприятия) и основные принципы организации территории системы. Указываются сроки и стадии проектирования и организация, которая будет выполнять строительные работы. Задание утверждается вышестоящими организациями в установленном порядке.

Проектирование оросительных систем выполняют или в одну стадию в виде техно-рабочего проекта, или в две стадии — в виде проектного задания и рабочих чертежей. Причем разработке проектных заданий обычно предшествует составление либо бассейновых мелиоративных схем, либо технико-экономического обоснования. Бассейновые схемы требуются при решении очень сложных проблем (например, реконструкция крупных оросительных систем, переброска водных ресурсов из одного бассейна в другой). При решении менее сложных вопросов достаточно технико-экономического обоснования. Этими документами определяется направление развития сельского хозяйства, даются примерные объемы и стоимость водохозяйственного строительства и освоения орошаемых земель, устанавливается экономическая целесообразность строительства и его очередность.

При проектировании водохозяйственного объекта в две стадии в проектном задании (первая стадия) устанавливают техническую возможность и экономическую целесообразность намечаемого строительства (определяют сметную стоимость строительства и освоения, приводят технико-экономические показатели). В этом документе указывают также границы орошаемых земель, разрабатывают основные технические решения и вопросы организации территории и сельскохозяйственного освоения земель, принимают очередность работ по объекту. После утверждения проектного задания в уста-

новленном порядке оно служит основанием для финансирования и обеспечения объекта оборудованием и строительными материалами.

Рабочие чертежи (вторая стадия) разрабатывают в соответствии с утвержденным проектным заданием. Изменения в проектное задание вносят лишь в том случае, если они улучшают технико-экономические показатели.

Одностадийным проектом разрабатывают технические решения, определяют сметную стоимость, потребность в строительных материалах и оборудовании, технико-экономические показатели, устанавливают последовательность строительно-монтажных работ. Принятые проектом технические решения согласовывают с соответствующими сельскохозяйственными организациями и с заказчиком

Проект утверждается вышестоящими ведомствами в установленном Советом Министров СССР порядке.

Проектное задание и техно-рабочий проект со всеми документами по их утверждению хранятся у заказчика и в проектной организации. Рабочие чертежи не подлежат утверждению. Их передают на строительство за подписью главного инженера строящегося водохозяйственного объекта.

Проекты оросительных систем составляют на основе материалов, получаемых в результате мелиоративно-гидротехнических и агроэкономических обследований, топографо-геодезических изысканий, инженерно-геологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных изысканий и исследований. В некоторых случаях проводят дополнительно гидрологические исследования.

Мелиоративно-гидротехнические обследования заключаются в сборе и изучении имеющихся материалов по данному объекту и в осмотре его в натуре. В результате выявляют характер источника орошения, техническое состояние существующих водохозяйственных сооружений на территории оросительной системы, приводят подробное описание их. На основании полученных материалов дают предварительное заключение по схеме мелиоративных мероприятий и составляют программы и сметы на проектно-изыскательские работы.

Агроэкономические обследования проводят по каждому хозяйству с последующим обобщением материалов по административным районам. Материалы должны от-

ражать состояние сельскохозяйственного производства в зоне проектируемой оросительной системы, целесообразный размер орошаемых площадей, народнохозяйственное значение оросительной системы и экономическую эффективность орошения.

Топографо-геодезическими изысканиями обеспечивается топографическая основа для проектирования оросительной системы. Масштаб и точность топографо-геодезических работ принимают в зависимости от размера площади, природных условий, намечаемых способов полива, техники подачи и отвода воды и т. д. Для проектных заданий масштаб съемки всего массива орошения — от 1 : 25 000 с горизонталями через 2,5 *м* до 1 : 10 000 с горизонталями через 0,5 *м*; рабочие чертежи — от 1 : 10 000 до 1 : 2000 с горизонталями соответственно через 0,5 и 0,25 *м*; для одностадийного проекта — от 1 : 5000 до 1 : 2000 с горизонталями соответственно 0,5 и 0,25 *м*.

Масштаб съемки типовых участков внутрихозяйственной сети от 1 : 10 000 до 1 : 2000 с горизонталями соответственно через 0,5 и 0,25 *м*, под капитальную планировку — 1 : 2000 с горизонталями через 0,25 *м*. В таком же масштабе выполняют съемку площадок под гидротехнические сооружения и насосные станции.

Топографо-геодезические работы проводят в строгом соответствии с инструкциями и наставлениями, утвержденными ГУГК при Совете Министров СССР.

Инженерно-геологические и гидрогеологические исследования и изыскания обычно выполняют вместе с почвенно-мелиоративными. Их цель — изучить инженерно-геологические условия для определения местоположения крупных сооружений и насосных станций и получить материал (оценка почвенных разностей и их территориальная приуроченность) для обоснования намечаемых почвенно-мелиоративных мероприятий на всей территории проектируемой системы, а также выявить степень обеспеченности объекта местными строительными материалами.

Масштаб инженерно-геологической и гидрогеологической съемки 1 : 50 000 на топографической основе 1 : 25 000. В сложных условиях — в масштабе 1 : 25 000 на топографической основе 1 : 10 000. Почвенную съемку выполняют в масштабе на одну ступень мельче масштаба топографической съемки.

Народнохозяйственными планами предусматривается значительное ускорение темпов водохозяйственного строительства. Проводятся крупные мероприятия по расширению и укреплению водохозяйственных строительных организаций: создаются прочные индустриальные основы водохозяйственного строительства — заводы и полигоны по изготовлению железобетонных изделий, цехи по производству стеновых материалов, железобетонных труб и металлоконструкций, ремонтные заводы, автобазы, базы материально-технического снабжения. Строительные организации располагают огромным количеством экскаваторов, скреперов, бульдозеров, автотранспорта, кранов, канавокопателей, планировщиков и другими механизмами. Оросительные системы строятся комплексно, с одновременным возведением жилищно-коммунальных и производственных зданий и сооружений, необходимых для освоения земель, культурно-бытовых объектов (детские учреждения, школы, больницы, столовые, магазины, клубы и т. д.). Все это в общей сложности создает благоприятные условия в водохозяйственном строительстве. Однако задача состоит не только в выполнении возрастающих с каждым годом планов ирригационного строительства, но и в осуществлении строительства на более высоком техническом уровне.

Один из важных факторов по обеспечению высокого качества строительных работ — повышенная требовательность к строительным организациям.

Всесторонний и тщательный контроль за качеством выполняемых работ предотвращает возможные ошибки в строительстве и в конечном счете создает нормальные условия для правильной эксплуатации оросительных систем и улучшения использования орошаемых земель.

ПРИЕМКА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Для приемки законченных строительством водохозяйственных объектов или их частей, включая и капитальный ремонт действующих оросительных систем, назначаются приемочные комиссии. В зависимости от объема и стоимости строительства приемочная комиссия назначается Советом Министров СССР, Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, республиканскими правительствами и областными организациями. В со-

став комиссий входят: представитель от министерства или областного управления мелиорации и водного хозяйства (председатель), представители строительной и эксплуатационной организаций, дирекции, финансирующей и контролирующей строительство, Комитета государственного контроля, Госбанка и других заинтересованных организаций.

Комиссия приступает к приемочным работам после того, как все элементы объекта тщательно проверены путем инструментальных измерений и сравнений их с проектными данными.

Подготовительные работы к сдаче строительного объекта в эксплуатацию проводит строительная организация. К подготовительным работам относятся: разбивка системы на эксплуатационные участки в соответствии с проектом эксплуатации; оборудование участков системы эксплуатационной арматурой, марками, реперами и другими знаками; заготовка и доставка к месту хранения аварийных запасов; составление технических паспортов на оросительную систему и ее составные части (на каждый эксплуатационный участок, на крупные сооружения, внутрихозяйственную сеть); подбор технических инструкций по эксплуатации оросительных систем; проведение пробных испытаний каналов и сооружений с занесением показателей испытаний в технические паспорта.

Кроме того, строительная организация представляет строительные документы и акты, отражающие объемы и качество проведенных работ (с указанием, какие имеются отклонения от проектов, чем вызваны и насколько они допустимы или целесообразны); ведомость недоделок с исчислением их стоимости; данные о закрытых частях сооружений; исполнительные чертежи на все сооружения и ведомости объемов и стоимости работ; подробный финансовый отчет о строительстве.

После проведения всех перечисленных подготовительных работ комиссия может приступить к приемке объекта. Работа комиссии проходит в шесть этапов.

На первом этапе сопоставляют показатели, предусмотренные проектом и правилами эксплуатации, с фактическими. В случае недопустимых расхождений приемка может быть приостановлена: строительная организация должна будет обеспечить установленные проектом показатели.

На втором этапе сравнивают проектные данные о закрытых частях сооружений (основание, фундамент, шпунтовый ряд) с актами промежуточных приемок этих частей сооружений. Сличают размер подземных контуров, качество материалов.

Третий этап заключается в натурном осмотре всех частей строительного объекта. При этом обмеряют основные части и сличают фактические размеры с проектными и с паспортом. При расхождении устанавливают причину изменений и степень их допустимости (целесообразности). Вначале осматривают головное сооружение, а затем последовательно все эксплуатационные участки. Проверяют все основные узлы сооружений, не менее 25% распределительных узлов, каналов, сбросной и коллекторно-дренажной сети. Выборочно осматривают и внутрихозяйственную оросительную сеть.

Инструментальной проверкой устанавливают высотное положение и размеры профиля канала (бермы, дамбы, кавальеры, дороги, полосы отчуждения и др.).

При проверке земляных дамб главное внимание обращают на участки, защищающие населенные пункты, железнодорожные и шоссейные дороги, и на участки, где высота дамб достигает 3 *м* и более.

Проверкой гидротехнических сооружений устанавливают основные размеры, отметки порогов, флютбетов, водобойных колодцев и рисберм. Осматривают пазовые конструкции, затворы и другие устройства. Дают оценку качества выполненных работ. В таком же примерно порядке проверяют насосные станции.

Гражданские здания осматривают снаружи с выборочным обмером некоторых зданий.

Дорожную, телефонную и радиосеть проверяют с участием представителей соответствующих организаций по специальным инструкциям.

Четвертый этап — пробное испытание сооружений. Контрольным испытаниям подлежат: водозаборный узел, магистральный канал, распределительная сеть и сбросные каналы; плотина на водотоке и сооружения при ней; сооружения на магистральном канале и на распределительной сети; насосные и силовые станции, внутрихозяйственная сеть и сооружения на ней и др. Расхождения между показателями контрольных измерений и данными паспорта не должны превышать 5%. При

большем расхождении комиссия может предложить строительной организации переделать этот объект.

Пятый этап — производственно-финансовая проверка строительства с участием представителя финансирующей организации и в соответствии с инструкциями и правилами Госконтроля.

Шестой (заключительный) этап — оформление сводного акта приемки. В этом документе дают подробную характеристику объекта, оценку выполненных работ, приводят перечень элементов оросительной системы, опись невыполненных работ, стоимость их и намечаемые сроки производства; прикладывают ведомость выполненных работ, не предусмотренных проектом, но необходимых для нормальной эксплуатации объекта. В заключении дают общие выводы комиссии о приемке оросительной системы. Акт составляют в нескольких экземплярах. Основание для приемки прикладывают к первому экземпляру; он остается в делах управления оросительной системы.

Если принять объект в эксплуатацию нельзя (большой объем невыполненных работ, неудовлетворительное качество сделанных работ), комиссия составляет акт с подробным обоснованием своих выводов. Решения принимаются на основании простого большинства голосов комиссии. Сводный акт приемки подписывают все члены комиссии и начальники строительства и управления оросительной системы. Подписи начальников сопровождаются текстом: «сдал» в эксплуатацию и «принял» в эксплуатацию.

После подписания приемочного акта начальник строительства передает начальнику управления оросительной системы все основные технические документы: проект, сметы, исполнительные чертежи, паспорта, списки оборудования, финансово-технический отчет, акты и документы о пробных испытаниях, технический архив и другие материалы.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЛУЖБА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Организация территории оросительных систем. Отличительная особенность территории оросительных систем состоит в том, что орошаемые площади сетью

оросительных каналов разбиваются на поливные участки, огражденные со всех сторон непроходимыми для машин и орудий каналами.

В сложных рельефных условиях, где участки небольшие и нередко неправильной конфигурации, осложняется работа сельскохозяйственных машин и тракторных агрегатов. Поэтому при организации территории расположение оросительной системы должно быть, с одной стороны, увязано с границами хозяйств, населенных пунктов, усадеб, полевых станов, севооборотных участков, полей севооборотов, поливных участков, дорог и древесных насаждений, а с другой стороны — обеспечивать возможность перекрестной обработки посевов, высокопроизводительное использование сельскохозяйственных машин и правильную организацию труда.

Отсюда следует, что одно из основных требований организации орошаемой территории — укрупнение поливных участков и придание им правильной формы. Наилучшие формы, обеспечивающие наибольшую производительность сельскохозяйственных машин и орудий, — прямоугольник с соотношением сторон 1 : 2—1 : 3 и квадрат; как исключение — трапеция.

Длина и ширина поливного участка при перекрестной обработке почвы должна быть не менее 400 *м*, при односторонней обработке может быть меньше. Однако площадь менее 20—30 *га* для полевых, 12—20 *га* для пропашных и 10—12 *га* для овощных культур нежелательна. С уменьшением длины гона производительность машин и орудий резко снижается, а потери площади на поворотах тракторного агрегата значительно увеличиваются. Увеличение же длины и ширины участка свыше 800 *м* существенного влияния на повышение производительности машин не оказывает. Размеры поливного участка зависят также от допустимой продолжительности полива по ведущей культуре на участке, способа полива, продолжительности послеполивной обработки почвы и рельефных условий.

Одна из сторон (длина или ширина) поливного участка равна длине временного оросителя, которая зависит от его расположения по отношению к уклону (продольное или поперечное), водопроницаемости почв, способа посева и обработки и может изменяться от 400 до 1200 *м*. При продольном расположении длина может максимально достигать 1200 *м*, при поперечном — 800 *м*.

Уменьшение длины вызывается сильной водопроницаемостью почв и рельефными условиями.

Неправильная форма поливного участка намного снижает производительность машин, осложняет квадратно-гнездовой посев или посадку и увеличивает площадь заминания. Поэтому отклонение от квадратной или прямоугольной формы можно допускать только на севооборотных участках с узкорядными культурами, не требующими перекрестной механизированной обработки посевов.

Одним из важных средств, обеспечивающих возможность укрупнения поливных участков, является планировка поверхности почвы. Спланированные площади не только улучшают организацию территории полей, но и способствуют более совершенной организации труда и повышению его производительности.

Радикальное средство правильной организации орошаемой территории — применение закрытых распределителей, а для подачи воды в поливную сеть — переносных труб и капроновых и полиэтиленовых шлангов. В этом случае почти полностью отпадает необходимость в нарезке временных оросителей, выводных и вспомогательных борозд.

На рисовых полях улучшение организации территории возможно либо путем увеличения чека до размеров, позволяющих выполнять все полевые работы по каждому чеку отдельно, либо путем ограждения чеков проходимыми для сельскохозяйственных машин валиками. В последнем случае все механизированные полевые работы можно будет проводить на всем поливном участке (карте).

Поливной участок может составлять поле севооборота или часть его. В последнем случае поле включает целое число поливных участков. Возможны случаи, когда один поливной участок разбивают на несколько полей севооборота.

Поля севооборота должны быть примерно равны. Отклонение от средних размеров полей не должно превышать 10% и лишь в исключительных случаях (при очень сложном рельефе) допускается 15—20%.

Севооборотный участок, объединяющий поля севооборота, обслуживается, как правило, одной комплексной бригадой, выполняющей все виды сельскохозяйственных и агромелиоративных работ. В хозяйстве может

быть несколько севооборотных участков. Если севообороты однотипные, то желательно, чтобы севооборотные участки были равны по величине. Площадь севооборотного участка устанавливают в зависимости от направления сельскохозяйственного производства, состава культур, способов полива, организации труда, оснащенности сельскохозяйственными машинами и орудиями.

Участки под овощные севообороты, сады и виноградники рекомендуется выбирать ближе к населенным пунктам и на более плодородных почвах. Участки под сады и виноградники разбивают на кварталы для заезда транспорта.

Для лучшей организации и проведения поливов желательно на каждом севооборотном участке иметь отдельный водоподводящий канал. Границы севооборотного участка совмещают с естественными (овраги, реки) и административными границами, железнодорожными линиями, шоссейными дорогами, каналами и с границами других объектов.

Межхозяйственные распределительные каналы проводят с учетом расположения земель водопользователей; воду в хозяйство обычно подают по одному хозяйственному отводу. Каналы должны иметь минимальную удельную длину.

Существенное значение в организации территории оросительных систем имеет расположение поселков. Наиболее рационально поселок устраивать в центре землепользования. Огромную роль играет также дорожная сеть. На орошаемых полях необходимо иметь полевые дороги для подъезда к каждому поливному участку, подъездные и межхозяйственные дороги — для связи с системным управлением, районным центром, железнодорожной станцией, речными пристанями и заготовительными складами. Для надзора за крупными оросительными каналами и сооружениями, а также для перевозки строительных материалов и оборудования при их ремонте устраивают эксплуатационные дороги, которые располагают вдоль крупных каналов.

Служба эксплуатации оросительных систем. Формы организации эксплуатации оросительных систем в зависимости от их размеров и сложности различны. Если орошаемый участок небольшой и находится в ведении одного хозяйства (колхоз, совхоз или другое предприятие), то эксплуатацию его осуществляет само хозяйство.

Все технические вопросы решают специалисты (агроном орошаемого земледелия, гидротехник) данного хозяйства.

При обслуживании оросительной системой большого числа хозяйств формы организации эксплуатации усложняются. В этих случаях создаются специальные управления оросительных систем, которые несут ответственность за межхозяйственные каналы, гидротехнические сооружения и все вспомогательные устройства. Эксплуатацию каналов и всех сооружений внутрихозяйственной сети осуществляют водопользователи, которые несут полную ответственность за организацию и проведение всех работ на этом участке.

Для лучшего обслуживания крупные системы делятся на эксплуатационные участки, а системы старших категорий — и на эксплуатационные районы. Эксплуатационные районы обычно совпадают с административным делением. На границах районов устанавливают гидрометрические посты для учета подачи в район воды.

Основные виды работ выполняют эксплуатационные участки. Разбивка системы на участки — это очень ответственная и сложная работа. В самостоятельные участки принято выделять: водозаборное (головное) сооружение; узлы командования, с помощью которых поддерживают горизонты и расходы воды в магистральном канале; узлы водораспределения с прилегающими каналами и точками выдела воды в хозяйства; коллекторно-сбросную сеть, вспомогательные устройства; подсобные предприятия и коммунальные фонды.

В распределительный узел входят отрезок распределителя, подающего воду на данный узел, и отрезки канала от узла распределения до точки выдела воды в хозяйство.

К узлу командования относится та часть магистрального канала, на которой поддерживается необходимый горизонт воды, и отрезки мелких каналов, подающих воду в точки выдела непосредственно из узла командования.

Участок головного питания включает верхнюю часть магистрального канала — от русла реки до главного гидрометрического створа. Крупную коллекторную сеть и водоприемник выделяют в самостоятельный участок. Мелкую коллекторную сеть, обслуживающую площади,

получающие воду от одного водораспределительного узла, причисляют к этому узлу.

К соответствующим водораспределительным узлам относят вспомогательные сооружения и устройства (служебные постройки, гидрометрические посты и др.).

Вспомогательные устройства общего пользования (электростанция с линиями передач, коммутаторная станция с линиями передач и др.); подсобные предприятия (мастерские, гараж, склады, карьеры и др.) и коммунальный фонд системы (служебные и жилые здания) составляют самостоятельные участки.

На управления оросительных систем возлагается решение следующих задач: составление планов водораспределения и их выполнение, организация и проведение ремонтных работ по каналам и сооружениям, очистка каналов от наносов и растительности, борьба с потерями воды в каналах, проведение кадастровых работ по системе, реконструкция и переустройство оросительных систем, оказание помощи хозяйствам (водопользователям) в составлении внутрихозяйственных планов водопользования, разработке мероприятий по совершенствованию способов и техники полива и их внедрению, в составлении плана мероприятий по мелиорации земель и др.

Возглавляют оросительную систему начальник управления и его заместитель (главный инженер). В состав управления входит центральный аппарат и линейная служба.

Центральный аппарат состоит из двух отделов: водопользования и ремонтно-строительных работ и дополняется хозяйственной частью и бухгалтерией.

Отдел водопользования составляет планы водораспределения и руководит их выполнением: организует учет воды, поступающей в хозяйства; контролирует ее использование; ведет наблюдение за мелиоративным состоянием земель и за уровнем грунтовых вод; руководит эксплуатационной гидрометрией.

Отдел ремонтно-строительных работ составляет планы на все виды этих работ, включая и очистку каналов от наносов и растительности; организует работу по выполнению этого плана и контролирует качество проведенных работ. Если необходимо переустройство оросительной системы, проводит соответствующие проектно-изыскательские работы.

Штат управления оросительных систем устанавливается в зависимости от категории системы. Центральный аппарат системы при площади орошения свыше 60 тыс. *га* может составлять до 20 штатных единиц, а при площади 3—5 тыс. *га* — до 5 единиц.

Основными производственными единицами являются эксплуатационные участки.

Штат линейного аппарата участка зависит от объема, стоимости и сложности выполняемых работ. На крупных системах состав может быть следующий: участковый гидротехник (начальник участка), техник, гидрометр, гидротехники крупных сооружений, водный объездчик, водный наблюдатель, обслуживающий персонал (шоферы, сторожа, уборщицы и др.).

Нормы нагрузки линейного персонала эксплуатационных участков составляют:

участковый гидротехник — обслуживает участок оросительной системы не менее 3000 *га*, или 25 *км* каналов, или 30 *км* дамб;

гидрометр — не менее 3000 *га*;

водный надзиратель в районах рисосеяния, хлопководства и других технических культур — 100 *га* и в районах орошения зерновых — 200 *га* или 10—12 *км* каналов;

наблюдатель-гидрометр — 8—10 гидрометрических постов при близком расположении их между собой и 5—6 при значительном удалении друг от друга;

регулировщик сооружения — одно сооружение с пропускной способностью более 5 $м^3/сек$ и 3—5 — с пропускной способностью каждого менее 5 $м^3/сек$.

Для каждого должностного лица управления оросительной системы определены права и обязанности, сущность которых заключается в следующем.

Начальник управления возглавляет систему в целом. Он несет ответственность за выполнение производственно-финансового плана по всем его разделам. Ему предоставляется право приема, увольнения и перемещения штатного персонала системы соответственно с правилами и номенклатурой должностей; он распоряжается кредитами, материалом, оборудованием; выступает от имени системы с отчетными докладами и предложениями в вышестоящих органах.

Главный инженер, являясь первым заместителем начальника системы, наравне с ним несет ответственность

за техническую деятельность системы; за подбор и обучение технических кадров; за своевременное составление и представление установленной отчетности. Пользуется правом издавать распоряжения по техническим вопросам, утверждать в установленном порядке проектно-сметную документацию по эксплуатационным работам.

Старший инженер по водопользованию (на крупных системах — начальник по водопользованию) руководит всеми работами по составлению и проведению планов водопользования на всей системе, помогает составлять и проводить внутрихозяйственные планы водопользования; ведет наблюдения за мелиоративным состоянием земель и гидрогеологическими условиями. Ему предоставлено право контролировать работы дежурных диспетчеров и давать распоряжения линейному персоналу по водораспределению; подчинен он непосредственно начальнику и главному инженеру системы.

Старший инженер по ремонту (на крупных системах начальник отдела) руководит организацией и выполнением всех ремонтно-строительных работ на системе и охраной сооружений; выдает и закрывает наряды и принимает выполненные работы; руководит составлением проектно-сметной документации и технологических отчетов. Ему предоставляется право проверять работы всего персонала системы, занимающегося строительными работами; распределять оборудование, строительные материалы, рабочую силу; утверждать дефектные ведомости на ремонтные работы; составлять акты о приемке выполненных работ.

Участковый гидротехник несет ответственность за выполнение всех видов работ, проводимых на участке, за охрану и использование оросительной сети и сооружений участка, за представление установленной отчетности о деятельности участка.

Участковый гидрометр находится в распоряжении участкового гидротехника и несет ответственность за замеры расходов воды на гидрометрических постах, следит за уровнем грунтовых вод.

Дежурный диспетчер в централизованном порядке оперативно руководит всеми производственными единицами обслуживаемой им части системы и всем водопользованием. В своих действиях подчиняется непосредственно начальнику системы и главному инженеру.

Оросительная система, как указывалось выше, состоит из двух частей: межхозяйственной, находящейся в ведении управления оросительных систем, и внутрихозяйственной, находящейся в ведении хозяйств (водопользователей). Непременное условие повышения эффективности орошения—согласованность и безупречная работа обеих частей системы. Взаимоотношения между ними могут быть значительно укреплены при переводе оросительных систем на хозяйственный расчет.

Большая протяженность и разветвленность оросительных каналов, разбросанность крупных гидротехнических сооружений по территории оросительной системы сильно усложняют управление этим предприятием. Поэтому большое значение в улучшении эксплуатации оросительных систем имеют средства связи. Обеспечение всех пунктов, где проводятся основные работы системы, современными средствами связи позволяет управлению системы оперативно руководить линейным техническим персоналом; постоянно быть в курсе работы водозаборных сооружений, водораспределительных узлов, основных гидрометрических постов; поддерживать постоянную связь с водопользователями. Пользуясь современными средствами связи, управление системы имеет возможность получать интересующие их сведения по всем пунктам работ и одновременно давать соответствующие распоряжения (указания) по ходу их проведения.

Из существующих видов связи (транспорт, телеграф, телефон, радио, автоматические и телемеханические передачи) наиболее распространенным, удобным и быстрым средством считается проволочно-телеграфная связь. Этот вид связи позволяет управлению системы вести разговор одновременно с несколькими или даже со всеми точками. Телефонные аппараты устанавливают на эксплуатационных участках, крупных водораспределительных узлах, в помещении водозаборного узла, в квартирах ответственных работников системы. Осуществляется телефонная связь через внутрисистемную или районную телефонную сеть. Центральную телефонную станцию обычно располагают в управлении оросительной системы; обслуживает ее специальный штат.

В последнее время на оросительных системах широко начинают использовать более совершенный вид связи — радио. С помощью радиоустановок можно вести

как специализированные передачи (сигналы, кодовые передачи), так и простые разговорные. На оросительных системах применяются коротковолновые приемно-передаточные радиостанции. Пользоваться радиостанцией можно с разрешения Министерства связи СССР. Эксплуатация радиостанций поручается специальным служебным лицам, имеющим право на подачу радиограмм.

Заслуживают особого внимания автоматические и телеизмерительные приборы — самописцы. Телеизмерительная система состоит из датчиков, фиксирующих результаты измерений, автоматов, передающих на расстояние показания датчика, и приемных самопишущих аппаратов, воспроизводящих показания датчика. Диспетчер, пользуясь полученными по датчику данными, может быстро и оперативно решать все вопросы по ходу выполнения плана водопользования.

II. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

ОСНОВЫ ПЛАНОВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Развитие и совершенствование планового водопользования. Организацию и выполнение всех видов работ по управлению водой на оросительных системах, включая забор ее из источника орошения, транспортирование и распределение между хозяйствами, называют водопользованием.

Водопользование — это один из основных и наиболее сложных вопросов технической эксплуатации оросительных систем. Объясняется это тем, что оросительные системы, как правило, обслуживают большие площади, поэтому хозяйства на них рассредоточены и значительно удалены от источника орошения. Например, расстояние между концевой точкой Северо-Крымского магистрального канала (Крымская область) и водозаборным узлом (на Каховском водохранилище) составляет 402 *км*. Канал подает воду на орошение 320 тыс. *га* и обводнение 1,2 млн. *га*.

При значительной разбросанности водопользователей забор воды на большинстве межхозяйственных и внутрихозяйственных систем осуществляется непрерывно и сосредоточенно. Объем водозабора в головной части оросительной системы зависит главным образом от размера подкомандной площади, состава культур на поливных землях и технического состояния каналов. Так, головное сооружение Северо-Крымского канала рассчитано на сосредоточенный забор 277 $м^3/сек$, Донского магистрального канала (Ростовская область) — 250 $м^3/сек$, Большого Ферганского канала (Узбекская ССР) — 175 $м^3/сек$.

По мере разветвления сети в работу включается все большее число каналов с меньшими расходами. Вследствие этого управление водой усложняется.

Учитывая сложность организации управления водой на оросительных системах, в поливных районах нашей страны применяют планирование водопользования. Сущность планового водопользования заключается в определении размера забора воды из источника орошения и последующем распределении ее между хозяйствами-водопользователями по заранее составленному плану. При этом объем водозабора в голове оросительной системы определяют на основе учета потребности в воде каждого колхоза и совхоза, обслуживаемого данной системой. В итоге планирования водопользования составляют планы водопользования, которые принимают за основу оперативной деятельности как оросительной системы в целом, так и отдельных ее частей. Планы водопользования разрабатывают для каждой системы ежегодно.

Планирование водопользования в хозяйствах и на системе нельзя рассматривать обособленно. Управление водой, поддержание каналов и сооружений в нормальном техническом состоянии, выполнение других видов водохозяйственных работ органически связаны единым технологическим процессом и подчинены решению одной задачи — получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

При таком подходе к планированию планы водопользования приобретают конкретность и строгую производственную направленность, что позволяет рассматривать их как составную часть единого сложного технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции.

Методика составления системных и районных планов водопользования впервые была разработана в 1929 г. профессором Н. А. Янишевским. В ней были даны принципы составления и проведения планов водопользования, систематизированы сроки и нормы полива, изложены способы определения и уменьшения потерь воды из каналов, приемы разверстки этих потерь, основы расчета вододеления и т. д. С этого времени плановое водопользование стало основой эксплуатационных работ на оросительных системах. В 1927 г. водопользование планировалось только на трех оросительных системах, обеспечивающих подачу воды на 63,5 тыс. *га*. К 1929 г. по

планам водопользования работало 18, а в 1930 г. — 57 оросительных систем, обслуживающих площадь орошения соответственно 1120 тыс. и 1365,8 тыс. *га*.

В результате проведения массовой коллективизации сельского хозяйства возникла необходимость дальнейшего развития форм планового водопользования, совершенствования способов и техники полива. До массовой коллективизации в районах Средней Азии около 75% орошаемых площадей поливалось затоплением. Характерной особенностью такого режима орошения сельскохозяйственных культур этой зоны являлось малое число поливов большими поливными нормами — 1100—2300 $м^3/га$. Это обусловливало проведение первого вегетационного полива, как правило, с большой оттяжкой сроков. Применение в тридцатых годах способа распределения воды на поле с помощью поливных борозд показало значительные преимущества бороздковых поливов перед поливом затоплением. При поливе по бороздам величина поливных норм уменьшилась до 700—1000 $м^3/га$, что позволило при той же оросительной норме увеличить число поливов. Так, в 1937—1940 гг. число поливов хлопчатника возросло до 6—9 против 3—4 поливов, которые давали в среднем в 1933 г. Увеличение числа поливов способствовало более четкому согласованию запасов доступной влаги в активном слое почвы с режимом водопотребления растений и обеспечивало значительное повышение урожая.

На основе обобщения накопленного опыта по планированию водопользования в 1938 г. под руководством академика И. А. Шарова были разработаны первые правила технической эксплуатации оросительных систем. В этих правилах была выдвинута идея диспетчеризации как основа централизованного руководства оперативной деятельностью оросительных систем при водопользовании. Правилами устанавливался порядок обслуживания колхозов и совхозов оросительной водой, определялись функции контроля за использованием ее в хозяйствах. Были сформулированы также указания по наблюдению за мелиоративным состоянием орошаемых земель.

До 1949 г. водопользование планировалось главным образом по межхозяйственным каналам. Подача воды колхозам и совхозам, использование ее в хозяйствах в планах водопользования по существу не отражались.

Такое распределение воды приводило к разрыву между забором ее из источника орошения и использованием в хозяйствах. В последних возникали определенные трудности в своевременном проведении послеполивных обработок на посевах пропашных культур. Разрыв между поливом и культивацией междурядий приводил к значительным потерям воды на испарение с поверхности поля, к образованию почвенной корки и в конечном счете к снижению урожая. Все это обусловило необходимость дальнейшего совершенствования планового водопользования на оросительных системах.

В 1949 г. в стране был введен новый метод планирования водопользования, разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ). В основе предложенного метода лежит принцип: обеспечить полное соответствие между подачей оросительной воды в хозяйства и ее использованием для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Практически планирование водопользования по методике ВНИИГиМ осуществляется путем определения потребности каждого колхоза и совхоза в воде с последующим установлением размера водозабора и порядка распределения воды на оросительной системе. В этой связи планирование водопользования выполняют в такой последовательности: сначала по хозяйствам-водопользователям (колхозы, совхозы и другие предприятия) составляют хозяйственные планы водопользования, которыми предусматривается размер, порядок и сроки подачи воды, организация проведения поливов в хозяйствах, а затем на основе хозяйственных планов разрабатывают системные планы водораспределения по оросительным системам.

Такой порядок планирования водопользования позволяет избежать подачи излишков воды в хозяйства, способствует уменьшению потерь на сброс и фильтрацию, обеспечивает возможность увязки проведения поливов с послеполивными обработками. Водоподача в хозяйстве устанавливается с учетом режима орошения сельскохозяйственных культур и принятой техники полива.

Общее водопотребление по хозяйственному плану водопользования увязывают с водными ресурсами на оро-

сительной системе и пропускной способностью межхозяйственных каналов и сооружений. Это повышает ответственность хозяйств при составлении планов.

Нарушение планов водопользования приводит к нехватке воды для полива, к разрыву между поливами и послеполивными обработками культур, к порче орошаемых земель (к засолению или заболачиванию и даже к выпадению из сельскохозяйственного оборота). Все это в общей сложности снижает эффективность орошения.

Дальнейшее совершенствование приемов распределения воды должно быть основано на автоматизации управления и механизации водохозяйственных работ.

Режим орошения — основа планирования водопользования на оросительных системах. За вегетационный период растения потребляют влаги в количественном отношении значительно больше, чем элементов минеральной пищи. Вода расходуется растениями на создание органической массы и является как бы элементом питания растений, осуществляет перенос минеральных солей из почвы в вегетативную часть растений и за счет испарения с поверхности листьев выполняет функции регулятора температурного режима растения.

Общий расход воды полем на испарение с поверхности почвы и транспирацию растениями называют суммарным водопотреблением. Суммарное водопотребление при достаточных запасах доступной влаги в активном слое почвы в конкретных почвенно-климатических условиях изменяется для одной и той же культуры в зависимости от тепловых ресурсов и сортовых особенностей растений.

Потребность растений в воде нельзя рассматривать в отрыве от урожайности. Как правило, с повышением урожая сельскохозяйственных культур суммарное водопотребление возрастает.

В зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения потребность растений в воде за вегетационный период значительно превышает запасы почвенной влаги, которые создаются за счет атмосферных осадков. Образующийся дефицит влаги на орошаемых землях восполняется поливами, то есть орошение позволяет регулировать естественный режим влажности почвы в нужном направлении для создания благоприятных условий роста и развития растений.

Режим орошения сельскохозяйственных культур характеризуется совокупностью числа, сроков и норм полива. В конкретных условиях режимом поливов добиваются поддержания влажности активного слоя почвы на таком уровне, который обеспечивает получение планового урожая. На основе принятого поливного режима и фактических площадей посева сельскохозяйственных культур при составлении хозяйственных планов водопользования устанавливают объем водоподачи и порядок работы каналов, определяют декадные расходы воды на весь оросительный период как по хозяйству в целом, так и по каждому каналу и водовыделу в хозяйство. Далее с учетом потребности в воде каждого хозяйства определяют объем водозабора в целом по системе. Установленные таким образом необходимые расходы воды увязывают с ресурсами источника орошения и пропускной способностью каналов.

В практике орошения различают проектный, плановый и эксплуатационный поливные режимы сельскохозяйственных культур.

Проектный режим орошения разрабатывают при проектировании оросительных систем с учетом определенного уровня агротехники для различных по влажности лет: сухого года, нормального и влажного. На основании принятых в проекте числа и сроков поливов, поливных норм устанавливают расчетные расходы постоянных каналов различного порядка, гидротехнических и других сооружений на сети, определяют пропускную способность их.

Планирование водопользования на системе связано с необходимостью ежегодного установления плановых режимов орошения. В отличие от расчетного плановый поливной режим характеризуется большей гибкостью и маневренностью. Как правило, его определяют дифференцированно, с учетом для каждого хозяйства (поля) почвенных и гидрогеологических условий, уровня агротехники, хозяйственных возможностей, плановой урожайности и сортовых особенностей растений.

На основе принятого планового режима орошения составляют планы водопользования по каждому хозяйству и по системе в целом.

Таким образом, плановый режим орошения сельскохозяйственных культур принима-

ют за основу планирования забора воды в оросительную систему, распределения ее по отдельным звеньям и подачи хозяйствам-водопользователям.

Эксплуатационный режим орошения складывается в процессе выполнения планового водопользования и проведения поливов. Он характеризуется числом и распределением поливов во времени, величиной поливных норм, которые фактически сложились при возделывании той или иной культуры. При установлении планового режима орошения по научно обоснованным рекомендациям и соблюдении высокой агротехники эксплуатационный режим орошения может совпадать с плановым.

Планирование поливных режимов. При планировании водопользования поливной режим может быть установлен по рекомендациям, составленным на основе данных научно-исследовательских учреждений и обобщения опыта орошаемого земледелия для определенной почвенно-климатической зоны, или теоретическими расчетами.

В старых районах поливного земледелия, где накоплен достаточный опыт орошения, поливной режим каждой культуры планируют с учетом опытных данных научных учреждений и передовой практики. В новых районах орошения режим орошения в большинстве случаев устанавливают теоретическими расчетами.

В условиях Узбекистана при достаточном увлажнении почвы за счет осадков допосевного периода и глубине залегания грунтовых вод более 2 *м* от дневной поверхности в период вегетации главная культура поливного земледелия — хлопчатник получает от шести до восьми поливов. Оросительная норма изменяется в пределах 5000—7000 *м*³/*га*. На средних по механическому составу почвах (сероземах) дают 7 поливов: два полива до цветения хлопчатника, четыре — во время цветения, один — во время созревания (схема 2—4—1). На луговых почвах с глубиной залегания грунтовых вод до 2 *м* от поверхности число поливов уменьшают до 4—5 с распределением их по схеме 1—3—0 или 2—3—0. Общая подача оросительной воды из расчета на 1 *га* составляет 3000—4500 *м*³. На лугово-болотных почвах, где пресные грунтовые воды залегают на глубине до 1 *м*, за вегетационный период хлопчатника проводят все-

го 2—3 полива при оросительной норме 2000—2500 *м*³/*га*.

В условиях Вахшской долины Таджикской ССР поливной режим хлопчатника характеризуется несколько иными показателями. На светлосероземных почвах нового и старого орошения с залеганием грунтовых вод глубже 4 *м* (Ак-Газа, Кум-Сангир, верхняя часть Гулистанского массива и др.) для получения планового урожая хлопка необходимо провести один запасной (1800 *м*³/*га*) и 10 вегетационных поливов. Оросительная норма вегетационных поливов составляет 9000 *м*³/*га*. На хорошо искусственно дренированных легких, средних и тяжелых по механическому составу суглинках с глубиной залегания грунтовых вод от 2,5 до 4 *м* число вегетационных поливов уменьшают до 9. Оросительная норма за вегетационный период составляет 7500 *м*³/*га*. На землях с более высоким залеганием грунтовых вод (менее 2,5 *м* от поверхности земли) зимне-весенний запасной полив заменяют предпосевным с поливной нормой 800 *м*³/*га*. Кроме того, за вегетационный период хлопчатника дают 7 поливов, обеспечивающих подачу на каждый гектар 5000 *м*³ воды.

Оросительная норма хлопчатника по Мургабско-Тедженской и Прикопетдагской подзонам в Туркменской ССР при глубине залегания грунтовых вод более 2 *м* от поверхности изменяется в пределах 9200—9600 *м*³/*га*. На облегченных по механическому составу песчаных и легкосуглинистых почвах Мургабско-Тедженской подзоны при залегании грунтовых вод на глубине 2 *м* оросительную норму уменьшают до 8900 *м*³/*га*, а на более тяжелых суглинистых и глинистых почвах — до 8700 *м*³/*га*.

Оросительную норму распределяют на довегетационные и вегетационные поливы. К довегетационным поливам относятся: предпахотный, промывной и предпосевной. Предпахотный полив рекомендуется проводить во всех подзонах в конце октября — ноябре; норма 600 *м*³/*га*. Промывные поливы планируют при глубине залегания грунтовых вод менее 3,0 *м* на конец ноября — декабрь. Промывную норму принимают в зависимости от механического состава почвогрунта и глубины залегания грунтовых вод в пределах 2400—3400 *м*³/*га*. На тех землях, где был проведен промывочный полив, в феврале — марте дают предпосевной полив — 1200—1400 *м*³/*га*. Там, где промывочный полив не проводился,

поливную норму предпосевного полива увеличивают до 2000—2300 $м^3/га$. За вегетационный период хлопчатник поливают 5—8 раз. Наибольшее число поливов рекомендуется на легких почвах при глубине залегания грунтовых вод более 3 *м*. На тяжелых почвах, где грунтовые воды залегают от дневной поверхности на глубине не более 2 *м*, проводят до 5 вегетационных поливов.

Поливную норму вегетационных поливов хлопчатника по всем республикам принимают от 600 до 1100 $м^3/га$; максимум — в период цветения — плодообразования (с конца июня до конца августа). Межполивной период составляет 13—20 суток, с меньшим числом дней в период цветения — плодообразования. Первый вегетационный полив хлопчатника начинают проводить в первой — второй декаде мая, последний заканчивают в сентябре — первой половине октября при глубоком залегании грунтовых вод и в середине сентября — при близком их залегании.

В зоне неустойчивого увлажнения, охватывающей Северный Кавказ, Поволжье, юг Украины, Молдавию и другие районы, в структуре посевных площадей на орошаемых землях большой удельный вес занимают посевы зерновых культур — озимой и яровой пшеницы, кукурузы, ячменя и др. Наряду с этим широкое распространение получили посевы кормовых, овощных и технических культур, картофеля и плодовых насаждений.

Набор культур здесь достигает 18—22 наименований, что вызывает определенные затруднения при составлении и выполнении планов водопользования (в районах Средней Азии при планировании водопользования поливной режим устанавливают, как правило, для 3—4 культур).

Кроме того, для этой зоны характерна большая неустойчивость естественного увлажнения. Сумма выпадающих осадков и распределение их резко колеблются как по периодам, так и по годам. Если в республиках Средней Азии осадки, выпадающие в период вегетации, не оказывают заметного влияния на режим орошения сельскохозяйственных культур, то в зоне неустойчивого увлажнения их роль значительна.

В этой связи плановый поливной режим в зоне неустойчивого увлажнения нередко нуждается в сущест-

венных уточнениях и изменениях. Учитывая изменения режимов орошения, определенные коррективы вносят в планы водопользования. Однако корректирование планов связано с выполнением дополнительных расчетов. Поэтому при составлении планов водопользования необходимо стремиться к тому, чтобы они были максимально простыми.

Поливной режим каждой культуры в этой зоне устанавливают не только для различного уровня агротехники и планового урожая, но и для различных по влажности лет. Например, в совхозе «Волго-Дон» Волгоградской области в среднем по влажности году (1967) получили высокий урожай озимой пшеницы (54 *ц/га*) при сочетании осеннего влагозарядкового полива (норма 1200 *м*³/*га*) с тремя вегетационными. В более влажные годы проводили два вегетационных полива, а в засушливые — четыре. Оросительная норма вегетационных поливов для разных по влажности лет составила соответственно 2100, 1400 и 2700 *м*³/*га*. Первый вегетационный полив проводился в конце апреля — начале мая, перед выходом растений в трубку; второй — в последней декаде мая, в период колошения; третий — не позднее 15—20 июня в фазу налива.

Обобщая многолетние опыты по орошению озимой пшеницы в предгорьях Северного Кавказа, Г. К. Льгов рекомендует до начала трубкования на фоне осенней влагозарядки в средний по влажности год проводить один вегетационный полив, а в засушливые годы число поливов увеличивать до двух. В средневлажные годы в этих условиях достаточно предпосевного полива. В среднесухой год примерная оросительная норма составляет 2600 *м*³/*га*, в средний — 1900 и в средневлажный — 1100 *м*³/*га*.

Характерная особенность поливного режима озимой пшеницы для всех районов орошения СССР — необходимость проведения осенней влагозарядки, которая повсеместно высоко эффективна. Число вегетационных поливов в зависимости от природного увлажнения территории и погодных условий изменяется от 1 до 4.

В новых районах орошения, поскольку нет опытных данных по режиму орошения сельскохозяйственных культур, применяют теоретические методы расчета поливных режимов. В практике расчета поливных режимов в нашей стране наиболее широкое распространение

и признание получил метод водного баланса, разработанный академиком А. Н. Костяковым.

Уравнение водного баланса имеет вид:

$$M + 10\alpha P + W_н + K = T + И + W_к,$$

где M — оросительная норма нетто, *м³/га*;

α — коэффициент использования осадков, выпавших в вегетационный период;

P — сумма осадков за период вегетации растений, *мм*;

$W_н$ — запасы влаги в расчетном слое почвы в начале вегетационного периода, *м³/га*;

K — подпитывание активного слоя почвы грунтовыми водами, *м³/га*;

T — испарение влаги растениями (транспирация), *м³/га*;

$И$ — испарение влаги почвой, *м³/га*;

$W_к$ — запас почвенной влаги в расчетном слое в конце вегетационного периода, *м³/га*.

Из уравнения водного баланса оросительная норма

$$M = T + И - 10\alpha P - (W_н - W_к) - K.$$

Общий расход влаги на транспирацию и испарение почвой ($T+И$) составляет суммарное водопотребление (E). По формуле А. Н. Костякова:

$$E = УK_в,$$

где $K_в$ — коэффициент водопотребления, *м³/т*;

$У$ — плановая урожайность, *т/га*.

Коэффициент водопотребления представляет собой количество воды, расходуемое на транспирацию и испарение почвой для образования единицы товарной продукции (зерно, корнеплоды, клубни и т. д.). При определении суммарной потребности растений в воде коэффициент водопотребления принимают по рекомендациям научно-исследовательских учреждений.

Академиком И. А. Шаровым для условий сухих субтропиков рекомендуется определять суммарный расход воды полем по следующей зависимости:

$$E = ae\,(t - t_0),$$

где E — количество воды, расходуемое полем на транспирацию и испарение почвой, *м³/га*;

e — модуль испарения с единицы поверхности на

1° температуры, *м³/га*. В зависимости от влажности поля модуль испарения изменяется от 1,3 до 2,7 *м³/га* на 1° тепла. В среднем может быть принят равным 2 *м³/га* на 1°;

a — продолжительность вегетационного или расчетного периода, сутки;

t — среднесуточная температура воздуха по сухому термометру для вегетационного или расчетного периода, °С;

t_0 — средняя температура для смоченного термометра, °С.

По данным натурных наблюдений $t_0 = -2$, тогда формула И. А. Шарова приобретает вид:

$$E = ae(t + 2).$$

А. М. Алпатьев, анализируя материалы исследований по влагообороту культурных растений за многолетний период в разных почвенно-климатических зонах, пришел к заключению, что потребность растений в воде — критерий биогеографический. Суммарное водопотребление за вегетационный период в условиях оптимальной влагообеспеченности растений, когда влажность активного слоя поддерживается не ниже 65—70% полевой влагоемкости, рекомендуется определять по сумме испаряемости или по сумме средних суточных дефицитов влажности воздуха по зависимости:

$$E = K\Sigma D,$$

где E — потребность растений в воде за период вегетации, *мм*;

K — коэффициент, учитывающий биологические особенности растений и влияние внешней среды. Изменяется в пределах 0,55—0,65 для условий Северо-Запада и 0,35—0,45 для юга европейской территории СССР.

ΣD — сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный или расчетный период, *мм*.

В зарубежной практике для расчета режима орошения и определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур широкое применение получила формула Блейни и Криддла, которая в метрической размерности имеет следующий вид:

$$E = 0{,}458k\Sigma p\,(t^\circ + 17{,}8),$$

где E — суммарное водопотребление культуры, *мм*;

k — эмпирический сезонный коэффициент. Изменяется в пределах 0,60—0,85, для риса возрастает до 1 и более;

p — продолжительность световых часов за расчетный период в процентах от годового количества дневного времени. Изменяется помесячно в зависимости от географической широты пункта наблюдений;

$t°$ — средняя для расчетного периода температура воздуха, °С.

При определении оросительной нормы влияние подпитывания грунтовыми водами на разных по механическому составу почвах принимается по таблице 1.

Таблица 1

Примерная величина подпитывания грунтовыми водами, *м³/га*

Почвы	Глубина залегания грунтовых вод, *м*		
	1,0—1,5	1,5—2,0	2,0—2,5
Легкие супесчаные	800—1000	—	—
Легкие суглинистые . . .	1000—1200	500—1000	—
Средние суглинистые . . .	1200—1500	600—1200	—
Тяжелые суглинистые . .	1500—2000	1000—1500	500—1000
Глинистые	2000—3000	1500—2000	1000—1500

Приход влаги за счет атмосферных осадков и запасы почвенной влаги в начале и конце вегетационного периода при определении оросительной нормы устанавливают по данным фактических наблюдений.

Оросительные нормы распределяют на отдельные поливы при планировании водопользования с учетом динамики водопотребления растений и запасов продуктивной влаги в активном слое почвы с таким расчетом, чтобы влажность не опускалась ниже минимального допустимого предела. Сроки проведения полива устанавливают, сравнивая среднесуточное водопотребление по периодам роста растений с величиной доступной влаги в почве в это время. Среднесуточное водопотребление для различных культур подсчитывают по формуле:

$$E_{\text{ср. сут}} = \frac{W_{\text{н}} - W_{\text{к}} + 10\alpha P + \Sigma m}{n},$$

где $E_{ср.\ сут}$ — среднесуточное водопотребление, *м³/га · сутки*;

$W_н$ и $W_к$ — запасы почвенной влаги в расчетном слое соответственно в начале и конце периода, *м³/га*;

$10\ \alpha P$ — приход влаги за счет осадков, выпавших в расчетный период, *м³/га*;

Σm — сумма поливных норм за рассматриваемый период, *м³/га*;

n — продолжительность периода, сутки.

Среднесуточное водопотребление для большинства культур по фазам их роста применительно к различным зонам страны установлено исследователями и приводится в рекомендациях по расчету режима орошения сельскохозяйственных культур (Б. А. Шумаков, Г. К. Льгов, М. Н. Багров, С. М. Алпатьев и другие).

Примерный срок проведения очередного полива при известных запасах продуктивной влаги в почве $W_{прод}$ и среднесуточном водопотреблении растений может быть определен по зависимости:

$$t = \frac{W_{прод}}{E_{ср.сут}} = \frac{W_{нач} - W_{доп}}{E_{ср.\ сут}},$$

где t — продолжительность периода, в течение которого запасы влаги в почве уменьшаются до предполивного уровня, сутки;

$W_{нач}$ — запасы почвенной влаги в начале расчетного периода, *м³/га*;

$W_{доп}$ — предполивной запас влаги в почве, равный минимально допустимому, *м³/га*.

Полив следует начинать раньше того срока, когда запасы продуктивной влаги будут полностью израсходованы. Во всех случаях нельзя допускать снижения влажности почвы до коэффициента завядания.

Продолжительность межполивного периода с достаточной точностью может быть определена по формуле:

$$t = \frac{m + 10\alpha P}{E_{ср.\ сут}},$$

где m — поливная норма, *м³/га*.

Поливные нормы для каждого полива находят по общеизвестной формуле:

$$m = 100H\alpha(\beta_{полев} - \beta_{предпол}),$$

где H — расчетная глубина промачивания почвы при поливе, *м*;

α — объемный вес почвы, *т/м*^{3};

$\beta_{полев}$ и $\beta_{предпол}$ — влажность расчетного слоя почвы соответственно при полевой влагоемкости и перед поливом в процентах от веса сухой навески.

В сумме поливные нормы вегетационных и влагозарядкового поливов должны быть равны расчетной оросительной норме.

Поливные нормы при планировании водопользования устанавливают с учетом запланированных способов полива. Например, при поливе дождеванием глубина промачивания почвы получается меньше, чем при поверхностном способе полива. Поэтому и величину поливных норм при дождевании планируют меньшей, чем при поливе по полосам или бороздам. При поливе затоплением укрупненных чеков поливные нормы резко возрастают даже по сравнению с поливом по полосам.

Установленные таким образом режимы орошения сельскохозяйственных культур принимают в качестве исходных данных для планирования водопользования в хозяйствах и определения размера водозабора в голове оросительной системы.

ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПЛАНЫ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ПОРЯДОК ИХ СОСТАВЛЕНИЯ

Условия планирования и состав хозяйственных планов водопользования. Планирование водопользования в хозяйствах заключается в определении размера и динамики забора воды из государственной оросительной системы или источника орошения и в установлении порядка распределения воды между бригадами или отделениями совхозов и отдельными поливными участками. Все поливы в хозяйствах должны проводиться только в соответствии с хозяйственными планами водопользования.

Хозяйственные планы водопользования являются неотъемлемой частью производственных планов хозяйств-водопользователей. Составляют их под руководством главного агронома гидротехник или заведующий водопользованием хозяйства одновременно с производственным планом.

После согласования с управлениями оросительных систем их утверждает районный исполнительный комитет Совета депутатов трудящихся.

Хозяйственные планы водопользования составляют так, чтобы вода, подаваемая в колхозы и совхозы, была полностью и рационально использована. Это достигается следующим образом.

1. Хозяйственные планы, как главное звено организации водопользования на оросительных системах, составляют на основе плана посева и планового поливного режима культур. Плановую урожайность сельскохозяйственных культур и плановые площади посева устанавливают на расчетный год в соответствии с государственными заданиями по производству сельскохозяйственной продукции. Все операции с водой, включая подготовку оросительной сети и поливных участков к поливам, проведение поливов и т. д., сочетают с другими видами сельскохозяйственных работ.

2. При решении вопросов организации труда на орошаемых землях учитывают возможность проведения послеполивных обработок пропашных культур в оптимальные сроки, предусматривают внедрение прогрессивных и высокопроизводительных способов полива. Проведение поливов на поле планируют непрерывно и по возможности с наименьшей продолжительностью. Площадь, подвешенная к временному оросителю, должна поливаться за сутки, максимум — двое. Суточную площадь полива на посевах пропашных культур согласовывают с производительностью тракторов на послеполивных обработках (холостые перегоны должны быть минимальными).

3. Планом водопользования охватывают как вегетационный, так и невегетационный период:

маневрирование оросительной водой согласовывают с техническими возможностями оросительной сети и оснащенностью ее сооружениями для регулирования расходов и учета оросительной воды;

планирование водопользования сочетают с выполне-

нием работ по поддержанию каналов и сооружений в нормальном техническом состоянии.

Хозяйственные планы водопользования составляют с учетом организации территории колхоза или совхоза, закрепления орошаемой площади за отделениями, бригадами или звеньями. В крупных хозяйствах за каждой комплексной бригадой может быть закреплено несколько орошаемых севооборотных участков. Распределение площади проводят таким образом, чтобы бригадные участки были расположены компактно и по возможности каждый из них имел собственный водовыдел.

Хозяйственные планы водопользования включают три составные части:

план забора воды в хозяйство по декадам, на основании которого составляются заявки хозяйств на воду на весь год;

оперативные планы-графики внутрихозяйственного распределения воды и организации поливов в бригадах;

план выполнения ремонтных работ по поддержанию каналов и сооружений в нормальном техническом состоянии.

Исходные материалы и порядок составления планов водопользования. Для составления планов водопользования в колхозах и совхозах необходимы следующие исходные данные:

план земельного участка хозяйства в масштабе 1 : 10 000 с указанием на нем всей оросительной и дренажно-сбросной сети, границ севооборотных, приусадебных и поливных участков, полей севооборотов, точек водовыдела в хозяйство, а также постов учета воды на внутрихозяйственной сети по каждому отделению, севооборотному массиву, бригаде;

площадь поливных земель, состав сельскохозяйственных культур на полях севооборота и бригадных участках;

нормы и сроки поливов сельскохозяйственных культур;

характеристика почв и данные об уровне грунтовых вод на орошаемых землях;

данные о пропускной способности и коэффициентах полезного действия каналов внутрихозяйственной сети.

Составление плана водопользования начинают с размещения сельскохозяйственных культур на орошаемых

землях. На основании ведомости размещения посевных площадей и плановых режимов орошения сельскохозяйственных культур устанавливают потребные расходы воды по севооборотным участкам или каналам, имеющим самостоятельные водовыделы из хозяйственных или межхозяйственных каналов. При определении расходов воды в каждую бригаду или на севооборотный участок рекомендуется составлять календарный график полива (табл. 2).

Потребный объем воды по каждому поливному периоду (1—2-я декады) подсчитывают по формуле:

$$W = F_1 m_1 + F_2 m_2 + F_3 m_3 + \ldots + F_n m_n,$$

где W — потребный для орошения сельскохозяйственных культур объем воды за расчетный период, $м^3$;

$F_1, F_2, \ldots, F_n$ — площадь полей, запланированных к поливу в данном периоде, *га*;

$m_1, m_2 \ldots, m_n$ — плановая поливная норма по каждому полю севооборота, $м^3/га$.

Средний расход воды нетто по периодам для круглосуточных поливов находят по зависимости:

$$Q_{ср}^{нетто} = \frac{W}{86{,}4T},$$

где $Q_{ср}^{нетто}$ — потребный расход воды нетто, *л/сек*;

W — объем водоподачи на поля за период, $м^3$;

T — продолжительность расчетного периода, сутки.

При поливе дождеванием средний расход воды должен быть согласован с производительностью дождевальных машин.

Расход в точках водовыдела в бригаду или хозяйство с учетом потерь воды в каналах внутрихозяйственной сети определяют по зависимости:

$$Q_{ср}^{брутто} = \frac{Q_{ср}^{нетто}}{\eta},$$

где η — коэффициент полезного действия системы каналов внутрихозяйственной сети, обеспечивающих подачу воды к поливным участкам.

Приусадебный участок в хозяйстве рассматривают как отдельное внесевооборотное поле. Подачу воды на

Таблица 2

Календарный график полива в бригаде

Номера полей	Сельскохозяйственная культура	Площадь поля	Сроки и нормы полива, $м^3/га$																	
			май				июнь			июль			август			сентябрь			октябрь		
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
I	Озимая пшеница + пожнивные . .	60	700		700		800				900			600		600				
II	Кукуруза на силос . . .	58				700		700			700		700		1000					
III	Озимая пшеница + пожнивные . . .	59	600			700		700					800		600			600		900
IV	Яровая пшеница с подсевом люцерны	60		600		700		800					1000		600			1500		
V	Люцерна . . .	62		700		1000			1000				1000			1000			1200	
VI	Люцерна . . .	62		700		1000			1000				1000			1000			1000	
VII	Яровая пшеница	61			700		700		800							1200				
Потребный объем воды по периодам, тыс. $м^3$.			200,2		332,6		220,6		213,4		325,8		148,0		291,2		125,4		189,5	
Средний расход нетто, $л/сек$			117		183		127		124		180		86		160		73		110	

него рассчитывают по нормам орошения, установленным для плодоовощных культур.

План подачи воды в целом по хозяйству составляют на основе суммирования расходов воды, которые подаются одновременно на все севооборотные участки, бригады и отделения. Кроме того, учитывают коммунальные нужды, питьевое и техническое водоснабжение, а также потери воды на фильтрацию при транспортировании ее по каналам внутрихозяйственной сети. Потери воды в хозяйственной сети определяют в зависимости от протяженности одновременно действующих каналов, водопроницаемости грунта и подаваемого расхода воды. При определении к.п.д. каналов внутрихозяйственной сети используют результаты наблюдений за фактическими потерями воды или подсчитывают по формуле:

$$\eta_{х.с} = \eta_{в.о} - \sigma l_д,$$

где $\eta_{х.с}$ — к.п.д. каналов внутрихозяйственной сети;
$\eta_{в.о}$ — к.п.д. временных оросителей (0,90—0,95);
σ — потери воды на 1 *км* длины канала в долях от пропускаемого расхода;
$l_д$ — средневзвешенная длина одновременно действующих каналов, *км*.

При известных размерах каналов удельные потери воды σ с учетом коэффициента фильтрации грунта определяют по формуле Н. Н. Павловского:

$$\sigma = \frac{0{,}0116(B + 2h)K_ф}{Q_{нетто}},$$

где B — ширина канала по урезу воды, *м*;
h — глубина воды в канале, *м*;
$K_ф$ — коэффициент фильтрации грунта, *м/сутки*;
$Q_{нетто}$ — расход воды в канале, *м³/сек*.

Если данных о сечении каналов нет, удельные потери воды на фильтрацию можно ориентировочно определить по упрощенной формуле С. А. Гиршкана:

$$\sigma = \frac{0{,}063K_ф}{\sqrt{Q}}.$$

Коэффициент фильтрации в земляном русле определяют по данным изысканий или исследований. Для

предварительных подсчетов можно принимать следующие значения коэффициента фильтрации (табл. 3).

Таблица 3

Средняя величина $K_ф$ для различных почвогрунтов

Почвогрунты	Коэффициент фильтрации $K_ф$, *м/сутки*
Суглинки тяжелые	<0,05
Суглинки средние и легкие	0,05—0,10
Супеси	0,10—0,50
Лесс	0,25—0,50
Песок пылеватый	0,5—1,0
Песок мелкозернистый . .	1,0—5,0
Песок среднезернистый . .	5,0—20,0

Средневзвешенную длину одновременно действующих постоянных каналов определяют по плану оросительной сети хозяйства для каждого севооборотного участка с учетом очередности подачи воды для проведения поливов на каждом поле. Если хозяйственный распределитель имеет длинную холостую часть, коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети умножают на к.п.д. холостой части канала. Тогда:

$$\eta'_{х.с} = \eta_{хол}\eta_{к.с},$$

где $\eta_{хол}$ — к.п.д. холостой части хозяйственного канала.

При планировании водопользования по каждому севооборотному участку и системе каналов, получающих воду из одного хозяйственного водовыдела, устанавливают плановые значения к.п.д. Они не должны быть ниже 0,80—0,85. Если к.п.д. внутрихозяйственных каналов ниже этих пределов, в плане водопользования предусматривают мероприятия по снижению потерь воды в каналах путем упорядочения водопользования и проведения противофильтрационных мероприятий.

С уменьшением протяженности одновременно действующих каналов при прочих равных условиях потери воды на фильтрацию уменьшаются. Это обстоятельство также учитывают в планах водопользования.

При распределении воды в пределах севооборотного участка соблюдают оптимальные сроки полива, учиты-

вают равномерность увлажнения поля и возможность своевременного проведения послеполивных механизированных обработок. При совпадении сроков полива сельскохозяйственных культур на нескольких поливных участках применяют одну из следующих схем водооборота:

1) подаваемый на севооборотный участок расход воды равномерно распределяют на все поливные участки, запланированные к поливу одновременно;

2) поля севооборота с одинаковыми сроками полива разбивают на две группы и воду подают на них по очереди;

3) поля севооборота в течение планового срока полива поливают поочередно, подавая весь расход воды на одно поле.

В первом случае длина одновременно действующих каналов получается наибольшей, а расход воды в участковых каналах — наименьшим. В третьем случае, наоборот, длина одновременно действующих каналов наименьшая, а подаваемый в участковый канал расход — наибольший. При таком водообороте к.п.д. каналов также самый высокий. Принимая это во внимание, подаваемый на севооборотный участок расход воды менее 200—250 *л/сек*, как правило, не дробят, а направляют в один участковый распределитель, то есть принимают третью схему водооборота. Кроме снижения потерь на фильтрацию, такой порядок распределения воды способствует сокращению продолжительности полива каждого поля и позволяет согласовать суточную площадь полива с послеполивным рыхлением междурядий в оптимальные сроки.

Очередность подачи воды на небольших по площади севооборотных участках планируют при компактном их расположении и подаче на каждый из них расхода воды менее 100 *л/сек*. Водооборот между хозяйствами вводят лишь в случае аварийного состояния технической части оросительной системы или крайне недостаточной водообеспеченности системы.

При составлении хозяйственного плана водопользования трудно учесть действительную потребность хозяйства в воде на весь оросительный период. Условия погоды и состояние посевов, а также отклонения от плановых посевных площадей и состава культур требуют внесения поправок в первоначально составленный план водопользования.

Кроме того, в плане подачи воды в хозяйство не отражается очередность распределения воды между полями севооборота и поливными участками, не увязываются сроки поливов с послеполивным рыхлением междурядий пропашных культур. Для решения всех этих вопросов непосредственно перед началом поливов составляют оперативные планы-графики сроком на 10—15 суток. Оперативные планы-графики составляют для каждого севооборотного участка на основе календарных графиков полива в бригадах. В плане календарные сроки полива увязывают с другими видами сельскохозяйственных работ, указывают начало и конец полива, поливной ток, число поливальщиков, сроки нарезки поливной сети и послеполивных обработок, количество тракторов для выполнения этих видов работ.

Продолжительность полива каждого поля в сутках можно подсчитывать по формуле:

$$T = \frac{Fm}{3{,}6Qt},$$

где F — площадь поля, *га*;

m — поливная норма, *м³/га*;

Q — расчетный расход воды, подаваемый на поле, *л/сек*;

t — продолжительность подачи воды, *ч/сутки*.

Число поливальщиков, необходимое для работы на поливе в одну смену:

$$n = \frac{Q}{p},$$

где p — поливной ток, или расход воды, который подается на одного поливальщика, *л/сек*.

Поливной ток принимают в зависимости от способов и схемы полива, выровненности поля и других факторов от 20 до 125 *л/сек* и более.

В зависимости от поливного тока и поливной нормы сменная производительность поливальщика

$$F_{см} = \frac{3{,}6\,pt}{m},$$

где t — продолжительность смены, *ч*.

Чтобы избежать больших потерь влаги, при составлении оперативных планов-графиков проведение после-

поливных обработок планируют вслед за поливом по мере поспевания почвы.

Практикой установлено, что запаздывание с проведением культивации приводит к потере большого количества влаги на испарение почвой и значительному снижению урожая. Например, по данным Всесоюзного научно-исследовательского института хлопководства, установлено, что запаздывание с культивацией хлопчатника в период цветения только на одни сутки после наступления спелости почвы приводит к снижению урожая на 14%. Если культивация проводится с запозданием на шесть суток, то потери урожая достигают 30%. При запоздании с проведением культивации на 5—6 суток половина воды, поданной на поле при поливе, теряется на испарение. Практики орошаемого земледелия справедливо считают, что две своевременно проведенные послеполивные культивации обеспечивают экономию влаги, равнозначную одному поливу.

При составлении оперативного плана полива стремятся к тому, чтобы суточный выход политой площади был равен производительности одного или двух тракторов на послеполивном рыхлении междурядий пропашных культур.

Возможную суточную площадь полива $F_{сут}$ устанавливают в зависимости от расхода воды Q и поливной нормы m:

$$F_{сут} = \frac{3{,}6Qt}{m}.$$

Своевременное проведение культиваций и рациональное использование тракторов обеспечиваются в том случае, если поливаемая за сутки площадь расположена компактно и составляет не менее 12—15 *га*.

Если продолжительность полива полей, занятых пропашными культурами, превышает 4—5 суток, для согласования проведения поливов и обработок каждое поле разбивают на участки, продолжительность полива которых принимают не более 3 суток. В пределах участка одновременного полива рыхлят почву в продольном и поперечном направлениях. Такая организация работ способствует более рациональному использованию послеполивных запасов почвенной влаги.

Согласования суточной площади полива с послеполивными обработками достигают проведением сосредо-

точенных поливов. Поэтому подачу воды на поливные участки, как правило, планируют поливным током порядка 80—150 *л/сек* и более. Деление таких расходов воды на несколько поливных участков снижает к.п.д. каналов, приводит к разрыву политой площади с оптимальными сроками проведения послеполивных обработок.

В пределах поливного участка очередность подачи воды во временные оросители устанавливают из условия обеспечения полива подвешенной к оросителю площади за одни сутки и как исключение — за двое суток. В связи с этим число одновременно действующих временных оросителей должно быть минимальным и по возможности кратным числу их на поле. По каждому из действующих временных оросителей планируют подачу расхода воды, близкого к максимально допустимому из условия неразмываемости или наполнения канала.

Как уже отмечалось выше, сроки и последовательность проведения поливов в оперативном плане-графике устанавливают на основе календарных графиков полива в бригадах с учетом состояния посевов, пропускной способности каналов и сооружений, сложившихся погодных условий и подаваемого на севооборотный участок расхода воды. Необходимые для подачи в хозяйство расходы увязывают с плановыми, которые были приняты за основу при составлении системных планов водораспределения, а также с лимитом водоподачи, установленным для данного хозяйства управлением системы. Превышение расхода воды сверх плана при оперативном планировании согласуют с эксплуатационным участком системы. Примерная форма составления оперативного плана-графика поливов приведена в таблице 4.

ПРОВЕДЕНИЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЛАНОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Подготовка оросительной сети к пуску воды. В вопросах рационального использования оросительной воды и своевременного проведения поливов на высоком техническом уровне большое значение имеет подготовка внутрихозяйственной оросительной сети, мелиоративной техники и поливных площадей к пуску воды и проведению поливов. Подготовительные работы начинают с приведения в нормальное техническое состояние всей оросительной, коллекторно-дренажной и сбросной сети с сооружениями на них. Объем и характер ремонтных

Таблица 4

Оперативный план-график проведения поливов и обработок в бригаде

Номер поля	Сельскохозяйственная культура	Расход, *л/сек* / поливная норма, *м³/га*	Площадь, *га*: поля	Площадь, *га*: участка полива	Виды работ	Май								Июнь							
						24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
II	Кукуруза	183/700	58	58	Нарезка борозд .	15	15	15	13												
					Полив					15,0	22,6	20,4									
					Продольная культивация .							15	15	15	13						
					Поперечная культивация .									15	15	15	13				
VII	Сад	127/700	61	30	Нарезка борозд					15	15										
					Полив							2,0	15,7	12,3							
					Продольная культивация .											15	15				
					Поперечная культивация .													15	15		
				31	Нарезка борозд							15	15								

					Полив									3,4	15,7	11,9				
					Продольная культивация .													15	16	
					Поперечная культивация .															31
1	Озимая пшеница	127/800	60		Полив											3,3	13,8	13,8	13,8	15,3
	Всего				Нарезка борозд	15	15	15	13	15	15	15	15							
					Полив					15	22,6	22,4	15,7	15,7	15,7	15,2	13,8	13,8	13,8	15,3
					Продольная культивация .							15	15	15	13	15	15	15	16	
					Поперечная культивация .									15	15	15	13	15	15	30
					Тракторные работы	15	15	15	13	15	15	30	30	30	28	30	28	30	31	30
					Число тракторов	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
					Число поливальщиков в смену					5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4

работ по подготовке внутрихозяйственной части оросительных систем к пуску воды определяет специальная комиссия осенью после окончания поливов. Кроме ремонта каналов и сооружений, в осенне-зимний период все каналы очищают от наносов и растительности; весной оснащают водораспределительными и водорегулирующими приспособлениями и инвентарем, а также оборудуют водоизмерительными устройствами. Особое внимание уделяют оборудованию измерительными устройствами точек водовыдела в хозяйства. На все сооружения, предназначенные для учета воды, составляют или уточняют тарировочные таблицы или графики.

Орошаемая площадь к началу поливов должна быть выровнена. Для этого в хозяйствах ежегодно проводят эксплуатационную планировку поливных площадей — уничтожают на полях свальные гребни, развальные борозды, остатки временной оросительной сети.

Эксплуатационную планировку полей проводят во второй половине лета, после уборки культур, или осенью. Проводить планировочные работы весной не рекомендуется. Повышенная влажность почвы весной затрудняет работу планировщиков, увеличивает степень уплотнения почвы и снижает качество планировки. Кроме того, в весенний период из-за планировочных работ отодвигаются сроки посева сельскохозяйственных культур, иссушается поверхностный слой почвы.

При подготовке оросительной сети к поливам выполняют работы по борьбе с потерями воды в каналах, что способствует значительной экономии оросительной воды и повышению к.п.д. внутрихозяйственной сети.

Готовность оросительной и коллекторно-сбросной сетей со всеми сооружениями на них к пуску воды весной удостоверяется специальной комиссией. В состав комиссии, кроме специалистов хозяйства, входят представители системного и районного производственного управлений. Отмеченные комиссией недоделки и недостатки по подготовке оросительной и сбросной сети к поливам устраняют до начала работы системы и пуска воды в хозяйство.

Корректирование планов водопользования. В некоторые годы вследствие значительных отклонений потребного объема водоподачи от предусмотренных планом водопользования трудно учесть происшедшие изменения в расходах воды составлением оперативных

планов-графиков. Тогда хозяйства корректируют составленный план водопользования с учетом уточненных потребных расходов воды.

Планы водопользования в хозяйствах необходимо корректировать в следующих случаях:

при изменении посевных площадей и состава культур более чем на 10% от планового;

при значительном отклонении погодных условий (в особенности по сумме выпадающих осадков) от принятых в расчете;

при изменении водоносности источника орошения и снижении водообеспеченности оросительной системы;

вследствие аварий на оросительных системах, которые сопровождаются длительным уменьшением водоподачи.

Если отклонения потребных расходов воды не превышают 5% от плановых, то водоподачу не пересчитывают. Происшедшие изменения в расходах учитывают в оперативных планах-графиках. При отклонениях потребных расходов воды более чем на 5% показатели по водопользованию корректируют и после согласования с управлением оросительной системы вносят на утверждение райисполкома. Особенно существенные ограничения в размерах водоподачи вводятся при изменениях водоносности источника орошения и в случае аварий на системе. Руководство распределением воды между хозяйствами в этих случаях возлагается на организации, утверждающие планы водораспределения по системе. Водопользователи должны быть заранее предупреждены об изменениях водоподачи. В соответствии с лимитами воды, установленными колхозам и совхозам, корректируют хозяйственные планы водопользования и в первую очередь графики проведения поливов.

При резком уменьшении водоподачи вводят очередное распределение воды между бригадами или отделениями совхозов и даже между группами хозяйств.

При составлении оперативных планов-графиков полива сельскохозяйственных культур для увеличения площади полива в критические периоды уменьшают поливные нормы с 700—900 до 500—600 $м^3/га$. В районах, где критические маловодные периоды наступают во второй половине вегетации, первые поливы, которые проводятся при достаточной водообеспеченности оросительной системы, планируют повышенными поливными нормами — 1000—1200 $м^3/га$. В результате в почве созда-

ются запасы влаги, что позволяет увеличить межполивной период.

Плановые сроки поливов сельскохозяйственных культур назначают из расчета круглосуточного их проведения. Учитывая растянутость каждого полива, их начинают раньше, чем влажность почвы опустится до предполивного порога. Для равномерности работы каналов и лучшего использования водных ресурсов источника орошения поливы в напряженные периоды допускается начинать раньше сроков, предусмотренных планом. В этих случаях обычно руководствуются правилом: пополнение запасов почвенной влаги за счет поливов должно опережать иссушение почвы.

О вынужденном временном увеличении подачи воды (аварии на системе и другие причины) системное управление заранее уведомляет хозяйства. При этом сообщают примерные расходы воды и продолжительность их подачи. В свою очередь, хозяйства обязаны принять воду в полном объеме, рационально ее использовать и при необходимости усилить дежурство по охране каналов и сооружений от порчи или разрушения их во время пропуска дополнительных расходов.

В практике возможны случаи, когда хозяйство не может временно использовать запланированное количество воды. Тогда за 2—3 дня до этого срока оно ставит в известность системное управление, которое принимает меры по упорядочению водопользования. Недополученное в свое время количество воды может быть подано в хозяйство только с разрешения управления оросительной системы.

В период продолжительных суховеев, наоборот, может возникнуть необходимость в дополнительных (внеплановых) вегетационных поливах. Разрешение на проведение таких поливов также дает системное управление. При этом общий расход воды в хозяйство не должен превышать установленного лимита водоподачи.

Виды поливов. По назначению и времени проведения различают следующие виды поливов: предпосевные, посадочные, вегетационные, подкормочные, освежительные, провоцирующие, подпитывающие, влагозарядковые и промывочные.

Во многих случаях оказывается целесообразным, когда один полив имеет несколько назначений. Это значительно повышает коэффициент полезного использова-

ния воды. Например, осенний полив под озимую пшеницу, обеспечивая увлажнение пахотного слоя и за счет этого получение дружных всходов, является предпосевным поливом. В то же время, обеспечивая глубокое промачивание почвы до 1,2—1,5 *м*, он позволяет накопить значительные запасы продуктивной влаги в увлажняемой толще и потому относится к влагозарядковым поливам. Кроме того, этот полив способствует проведению агротехнических мероприятий по борьбе с сорной растительностью, всходы которой появляются после полива и затем уничтожаются предпосевной обработкой почвы.

С точки зрения организации проведения поливов их принято делить на вегетационные и вневегетационные.

Вегетационные поливы предназначены для поддержания влажности активного слоя почвы в период вегетации растений на определенном уровне, обеспечивающем получение планового урожая. Число вегетационных поливов устанавливают в соответствии с потребностью растений в воде за весь период вегетации. При этом учитывают запасы почвенной влаги и атмосферные осадки, выпадающие в вегетационный период. Поливные нормы согласовывают с биологическими особенностями растений и изменением активного слоя почвы. Сроки проведения вегетационных поливов планируют на каждый год по культурам и приурочивают ко времени снижения влажности активного слоя почвы до предполивного уровня. В процессе проведения поливов сроки их корректируют. При уточнении сроков полива необходимо иметь в виду, что ущерб, вызванный задержкой проведения полива даже на несколько дней, трудно исправить последующими поливами или другими агротехническими приемами. В то же время более ранние сроки их проведения, когда влажность почвы выше предполивного уровня, не оказывают угнетающего действия на растения.

Число вегетационных поливов по всем культурам назначают в соответствии с рекомендациями научно-исследовательских учреждений; принятые поливные нормы согласовывают со способами полива. Поверхностные способы полива, как правило, рассчитывают на подачу воды за один полив 400—900 $м^3/га$. В некоторых случаях, в особенности при поливе затоплением, поливная норма превышает 1000 $м^3/га$. Применение способа по-

лива дождеванием связано с подачей небольших поливных норм — 300—400 *м³/га*. Только при использовании машин ДМа-200, УДС-25, «Валлей» и некоторых других допускают поливные нормы до 700—800 *м³/га*.

Из других видов поливов к вегетационным относятся посадочные, подкормочные, освежительные и подпитывающие.

Посадочные поливы чаще всего проводят при рассадной культуре овощей. Основное назначение их — увлажнение верхнего слоя почвы, где размещаются корни пересаженных растений. В этих условиях не происходит перегрева растений и почвы; тепло расходуется в основном на транспирацию растений. Поливная норма составляет 200—400 *м³/га*. Лучший способ проведения посадочных поливов — бороздковый и бороздково-террасовый.

Подкормочные поливы применяют для внесения и равномерного распределения по полю удобрений. Чаще всего эти поливы сочетают с вегетационными, освежительными, посадочными. Поливная норма зависит от вносимого количества удобрений. Полив можно проводить различными способами; в практике орошения распространено дождевание.

Подпитывающие поливы проводят с целью увлажнения верхнего слоя почвы для получения всходов, когда семена при посеве заделывались в недостаточно влажную почву. Полив дают по бороздам или напуском по полосам увеличенной струей, а также дождеванием. Поливная норма изменяется от 100 до 400 *м³/га*.

Вневегетационные поливы проводят на поле, свободном от посевов. К этой группе поливов относятся влагозарядковые, предпосевные, провоцирующие и промывочные. Характерная особенность этих поливов — сравнительная легкость их проведения по сравнению с вегетационными поливами (поле свободно от посевов сельскохозяйственных культур).

Влагозарядковые поливы планируют и проводят во всех случаях, когда атмосферные осадки не обеспечивают ко времени посева культуры глубокого промачивания почвы. Для создания прочного запаса продуктивной влаги в 1,5—2,0-метровом слое на гектар подают от 900 до 2000 *м³*.

Влагозарядковые поливы для озимых культур проводят в июле — августе, для ранних яровых — в сен-

тябре — ноябре. Под посевы поздних яровых целесообразны не только осенние, но и ранневесенние поливы — в марте — мае. Летние пожнивные и поукосные посевы хорошо отзываются на влагозарядковые поливы, которые проводят в июне — июле. Такие сроки проведения влагозарядковых поливов (от ранневесенних вплоть до периода замерзания воды в каналах поздней осенью) способствуют наиболее полному использованию оросительных систем, насосно-силового оборудования и трудовых ресурсов.

Влагозарядковые поливы проводят всеми поверхностными способами — затоплением, напуском по полосам, по проточным и затопляемым бороздам. Дождевание в данном случае нерентабельно.

Предпосевные поливы в практике орошения, как правило, совмещают с влагозарядковыми. Сроки проведения предпосевных и влагозарядковых поливов при составлении планов водопользования увязывают с биологическими особенностями растений, а также с объемом свободной воды в источнике орошения. Поэтому предпосевные поливы не следует планировать на период, когда проводятся вегетационные поливы.

Цель промывочных поливов — промывка засоленных земель. Проводят эти поливы в невегетационный период, когда испарение воды с поверхности почвы незначительное; в источнике орошения имеется достаточное количество свободной воды; площадь не занята посевами сельскохозяйственных культур. Из способов полива применяют чаще всего затопление и малоуклонные борозды.

Эксплуатационная оценка и выбор способов полива. Эффективность освоения и использования орошаемых земель в значительной степени зависит от способов и техники полива. В связи с этим при составлении планов водопользования каждый полив увязывают со способом полива.

Эксплуатационная оценка способов полива дается по следующим основным показателям:

обеспечение равномерности распределения воды на поле и увлажнение расчетного слоя почвы без поверхностного сброса и глубинной фильтрации поливной воды;

создание благоприятных условий для механизации работ при проведении обработок почвы;

обеспечение бесперебойного (круглосуточного) хода поливов и высокой производительности труда поливальщиков при соответствующих санитарных условиях;

возможность применения автоматизированных и механизированных приемов распределения воды во время поливов;

минимум затрат труда и средств на проведение полива из расчета на гектар;

степень воздействия на уплотнение пахотного горизонта, разрушение почвенной структуры и проявление эрозии почвы;

возможность применения выбранного способа полива в конкретных природных условиях.

В СССР наибольшее распространение имеет поверхностное орошение с распределением воды по бороздам и полосам (табл. 5).

Таблица 5

Распределение поливных площадей по способам полива

Годы	Всего полито земель, тыс. *га*	В том числе, тыс. *га*		
		поверхностное орошение	по бороздам и полосам	дождевание
1964	8195,6	7837,9	4829,9	357,7
1965	8317,4	7772,6	5992,8	544,8
1967	8716,4	7700,3	6115,5	1016,1

Площади полива затоплением с каждым годом сокращаются, в то время как дождевание находит все более широкое применение.

Затопление является одним из наиболее старых способов полива. В настоящее время затопление применяют при возделывании риса, при лиманном орошении, проведении промывочных и в некоторых случаях влагозарядковых или вегетационных поливов.

При орошении риса всю площадь разбивают на отдельные площадки — чеки, оконтуренные постоянными валиками высотой 0,5—0,6 *м* с пологими откосами Прощадь чеков составляет от 2 до 6 *га*, а карт-чеков — до 20—26 *га*.

Для периодического полива затоплением сельскохозяйственных культур и при проведении промывочных поливов всю площадь также разбивают временными валиками на чеки; размер их 0,01—1 *га* и более.

При поливе в чеке создается слой воды в среднем до 10 *см,* который и обеспечивает промачивание почвы на определенную глубину.

Полив затоплением небольших по размерам чеков затрудняет механизированную обработку посевов. Кроме того, подача воды зачастую осуществляется по так называемой «цепочке чеков»— путем перепуска ее из одного чека в другой, так как малые размеры чеков не позволяют создать на каждом из них самостоятельный водовыпуск и поддерживать дифференцированный режим орошения. Перечисленные недостатки способа полива затоплением делают его мало перспективным для крупного механизированного хозяйства.

За последние годы в Нижнем Поволжье на ряде обводнительно-оросительных систем (Среднеахтубинская, Сарпинская, Кисловская и др.) получил распространение способ полива затоплением крупных чеков. Орошаемую площадь на таких системах разбивают на чеки размером 10—30 *га* и более. В пределах такого чека возможны все виды механизированных работ. Каждый чек имеет свой водовыдел, что позволяет проводить поливы независимо от затопления на соседних чеках, а также автоматизировать и механизировать сам процесс полива. Задача поливальщика на крупных чеках сводится к открытию щита водовыпуска в начале полива и прекращению подачи воды в чек.

Поливная струя при поливе по крупным чекам может быть доведена из расчета на одного поливальщика до 2,5—3,0 $м^3/сек$. В результате этого производительность труда поливальщика поднимается до 15—25 *га* за смену.

Однако следует иметь в виду, что с увеличением площади чеков поливные нормы резко повышаются. За один полив на гектар подается от 3 до 4 тыс. $м^3$ воды и более. Такие чрезмерно большие нормы приводят к значительным потерям воды на глубинную фильтрацию, что способствует быстрому подъему уровня грунтовых вод и вызывает опасность засоления и заболачивания орошаемых земель; коэффициент полезного использования воды при этом снижается до 0,3—0,4.

Способ полива затоплением чеков может применяться на малоуклонной площади ($i<0{,}002$) и слабоводопроницаемых тяжелых по механическому составу почвах. При благоприятных природных условиях применение

его может быть рациональным в сочетании с дождеванием. При этом глубокая влагозарядка почвы обеспечивается затоплением чеков, а вегетационные поливы выполняются дождеванием.

Напуск по полосам чаще всего применяют для полива культур сплошного посева (зерновые колосовые, люцерна и др.). Для полива по полосам тщательно спланированную поверхность поля разбивают временными земляными валиками высотой до 25 *см* на полосы, ширину которых принимают равной или кратной захвату сеялки, то есть 3,6 или 7,2 *м*. На малоуклонных площадях при проведении полива крупным током с удельным расходом $q = 12—20$ *л/сек* допускается ширина полос до 25—30 *м* и более.

Полив напуском по полосам позволяет применять меньшие, по сравнению с поливом затоплением, поливные нормы — порядка 600—800 $м^3/га$. Поэтому такой способ полива применяют для проведения как влагозарядковых, так и вегетационных поливов. Общие потери воды на поверхностный сброс и глубинную фильтрацию при этом составляют 10—30%.

Полосы нарезают полосообразователями, палоделателями, грейдерами. Образующиеся на поле временные валики не создают серьезных препятствий для прохода машин и механизмов.

Наиболее благоприятные условия для применения полива по полосам на массивах (почвы — тяжелые, средние, легкие) с уклонами от 0,002 до 0,007. На слабоуклонных участках ($i<0{,}002$) возможны поливы по широким полосам (до 30 *м*) с крупным удельным расходом воды (до 15—20 *л/сек*).

Производительность труда поливальщиков при поливе по полосам в значительной степени зависит от выровненности поля, поливной нормы, длины полос, поливного тока и некоторых других показателей.

На хорошо водопроницаемых почвах длину полос принимают 125—200 *м*, на слабоводопроницаемых — до 300—400 *м*. На недостаточно выровненных полях длину полос уменьшают на 20—30% против обычной.

Сменная выработка поливальщика при поливе по обычным полосам колеблется в пределах 0,5—1,25 *га*. При увеличении длины полос до 300—400 *м*, применении для распределения воды сифонов, поливных трубочек и других вспомогательных устройств расход во-

ды на одного поливальщика увеличивается до 120—150 *л/сек* и более. В результате этого производительность труда его резко повышается и сменная выработка возрастает до 2,5—3,0 *га* за смену.

На Кисловской обводнительно-оросительной системе производительность поливальщика при поливе по широким и длинным (до 800 *м*) полосам составила 1—1,5 *га/ч*.

Борозды применяют для полива пропашных, овощных и некоторых других культур. При поливе по бороздам увлажнение почвы в основном происходит за счет капиллярных токов. Благодаря этому при бороздковых поливах разрушительное действие воды на структуру почвы сводится к минимуму.



Рис. 5. Борозды с террасками.

Наиболее благоприятные уклоны для полива по проточным бороздам — 0,002—0,007. Этот способ полива применим на различных по механическому составу почвах при изменении поливной нормы в широких пределах — от 300 до 1000 $м^3/га$ и более.

Производительность труда поливальщика в зависимости от длины борозд, схемы полива, водопроницаемости почв, величины поливной струи изменяется от 0,5 до 1,25 *га* за смену. С увеличением длины борозд сменная производительность повышается до 2—3 *га* и более.

В овощеводческих хозяйствах Ростовской области и в некоторых других районах Северного Кавказа получил распространение полив по бороздам с террасками. При таком способе полива расстояние между бороздами принимают 120, 130 или 140 *см*. Соседние борозды разделяются валиком, по обе стороны которого специальными отвалами создаются горизонтальные террасы (рис. 5). Нарезают борозды с террасками переоборудованными окучниками, отвалы которых удлиняют дополнительными металлическими пластинками

размером 584×170×3 *мм*. В рабочем положении стойки окучников расположены вертикально, а удлиненные отвалы — горизонтально. Окучники нарезают обычные борозды, отвалы делают терраски. На террасках выращивают капусту, томаты, лук, морковь, петрушку и др.

Для проведения влагозарядковых поливов на недостаточно выровненной площади академик Б. А. Шумаков рекомендует применять борозды-щели. Такие борозды нарезают специальными орудиями — навесным бороздоделателем-щелерезом БЩН-2 конструкции ЮжНИИГиМ или бороздоделателями-щелерезами на рамах КЗУ-0,3. Борозды-щели нарезают как по вспаханному, так и по невспаханному полю, чаще всего — по стерне.

В отличие от обычных борозды-щели ниже дна борозды имеют щель шириной 3—4 *см* и глубиной 12—18 *см*. Общая глубина борозды-щели составляет 35—40 *см*. Борозды-щели обеспечивают быстрое продвижение воды и более равномерное увлажнение почвы.

Производительность труда поливальщика при таком способе полива повышается в 1,5—2 раза по сравнению с поливом по обычным бороздам.

Дождевание благодаря ряду преимуществ перед поверхностным орошением получает в последние годы широкое развитие в нашей стране и во многих других странах мира. При поливе дождеванием не требуется нарезать поливную сеть и выводные борозды, полностью механизируется сам процесс полива, производится увлажнение не только почвы, но и приземного слоя воздуха. Кроме того, для полива дождеванием не требуется столь тщательной планировки поля и трассы временных оросителей.

Поливная норма при дождевании изменяется от 50 до 500 $м^3/га$. Использование для орошения дождевальных машин с низкой и средней интенсивностью дождя позволяет увеличить без образования стока поливную норму до 700—800 $м^3/га$.

Дождевание с успехом применяют на малоуклонных и безуклонных массивах. Особенно незаменим этот способ полива на участках с близким залеганием грунтовых вод, с высокой водопроницаемостью почвы и на просадочных землях. При правильно установленной интенсивности дождя и норме полива дождева-

ние обеспечивает промачивание активного слоя почвы на необходимую глубину без образования поверхностного стока воды.

Для орошения дождеванием в нашей стране применяют дальнеструйные (ДДН-45, ДДН-70, ДДА-59), среднеструйные (УДС-25, КДТ-25, ДКШ-64) и коротконструйные (ДДА-100М, ДМ-200, КДУ-55М) дождевальные машины и установки. Сезонная производительность дождевальных машин в зависимости от производственной мощности изменяется от 25—30 (КДУ-55М) до 100—120 *га* (ДДА-100М).

Основные недостатки полива дождеванием — малая сменная производительность дождевальных установок — 1—6 *га*, высокая металло- и энергоемкость, большая (по сравнению с другими способами полива) стоимость полива одного гектара, возникающие затруднения во время полива при скорости ветра более 3—5 *м сек*.

Повышение производительности труда на поливах. Высокие темпы ежегодного прироста орошаемых земель обусловливают значительный рост затрат трудовых ресурсов на их освоение. В связи с этим при освоении и орошении земель первостепенное значение имеет повышение производительности труда поливальщиков.

Одним из путей повышения производительности труда и рационального использования поливной воды является внедрение сосредоточенных поливов. Сущность этого метода состоит в последовательном сосредоточении поливов пропашных культур на участках, площадь которых может быть полита за сутки — двое и согласуется с производительностью тракторов на послеполивной обработке междурядий. На участки сосредоточения поливов в распоряжение звена поливальщиков подается расход воды 80—150 *л/сек* и более. В первые 2—3 *ч* звено поливальщиков работает совместно: ведет подготовку к приемке воды и добивается устойчивого и равномерного распределения воды между бороздами. После настройки полива бóльшая часть поливальщиков переходит на другой участок для подготовки его к поливу, а меньшая — остается на месте и проводит полив.

Организация сосредоточенных поливов, по данным кафедры эксплуатации гидромелиоративных систем Московского гидромелиоративного института, облег-

чает проведение ночных поливов, сокращает разрыв между поливом и последующей послеполивной культивацией междурядий. Все это способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 3—4 *ц/га*. Применение сосредоточенных поливов, по данным И. А. Шарова и М. Ф. Натальчука, уменьшает потери воды на сброс и способствует повышению производительности труда поливальщика с 0,6—0,8 до 2—3 *га* за смену (табл. 6).

Таблица 6

Эффективность применения сосредоточенных поливов

Показатели	Рассредоточенные поливы по отдельным делянкам	Сосредоточенные поливы на одном участке
Площадь участка, *га*	20—30	20—30
Поливной ток на участок, *л/сек*	40—60	80—120
Площадь одновременно поливаемого участка, *га*	2—3	8—15
Продолжительность полива, сутки	8—15	2—4
Поливная норма, *м³/га*	1500—2000	800—1200
Поверхностный сброс, %	20—30	6—8
Затраты труда на полив 1 *га*, человеко-дни	2—3	1—1,2
Средняя урожайность хлопчатника на участке, *ц/га*	20—25	25—30

Повышение производительности труда поливальщиков при поверхностных способах полива достигается правильным сочетанием головного пуска воды с длиной борозд или полос. Поступающий в борозды или полосы расход воды не должен вызывать их размыва; принятая длина должна обеспечивать равномерное промачивание почвы на расчетную глубину. Удлинение поливных борозд и полос связано с необходимостью выполнения тщательной строительной планировки на орошаемых землях и проведения ежегодного выравнивания полей.

На хорошо выровненных полях длину поливных полос и борозд принимают в зависимости от водопроницаемости почвы, уклона поверхности от 150 до 500 *м* и более (табл. 7).

Большое значение в повышении производительности труда на поливах, в особенности при поливе по длин-

Таблица 7

Длина поливных борозд и полос в зависимости от водопроницаемости почвы и уклона поля

Средняя скорость впитывания, *дм/мин*	Уклон борозды или полосы	Длина борозды, *м*	Расход воды в борозду, *л/сек*	Длина полосы, *м*	Удельный расход, *л/сек·м*
Менее 0,015	0,002 —0,0040	250—300	1,5—1,2	250—300	8—6
	0,0041—0,0070	301—350	1,2—0,8	301—350	6—5
	0,0071—0,010	351—450	0,8—0,5	351—400	5—4
От 0,015 до 0,03	0,002 —0,0040	200—250	1,5—1,2	200—250	10—8
	0,0041—0,0070	251—300	1,2—1,0	251—300	8—6
	0,0071—0,010	301—400	1,0—0,8	301—350	6—5
Более 0,03	0,002 —0,0040	120—200	2,0—1,5	150—200	12—10
	0,0041—0,0070	201—250	1,5—1,2	201—250	10—8
	0,0071—0,010	251—350	1,2—1,0	251—300	8—6

ным бороздам и полосам, имеет применение автоматизированных и механизированных методов распределения воды на поле — с помощью сифонов, поливных трубок, трубопроводов, однобортных вспомогательных выводных борозд и др. При такой организации полива поливальщик имеет возможность включить одновременно большее количество борозд или полос.

Число одновременно включаемых для полива борозд зависит от уклонов и расходов выводных борозд и временных оросителей. На хорошо подготовленном к поливу поле поливальщик одновременно обслуживает до 100 поливных сифонов или трубок и управляет расходом воды 100 *л/сек* и более.

Так, сменная производительность труда поливальщиков на Генераловской оросительной системе в Волгоградской области при распределении воды с помощью поливных трубочек и на Азовской оросительной системе Ростовской области с применением поливных сифонов достигала 2—3 *га* и выше.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации для повышения производительности поливальщиков рекомендует распределять поливную воду по бороздам и полосам с помощью однобортных выводных борозд. При нарезке таких борозд грунт отсыпается в верхнюю по уклону сторону. Головная часть поливных борозд остается открытой или слег-

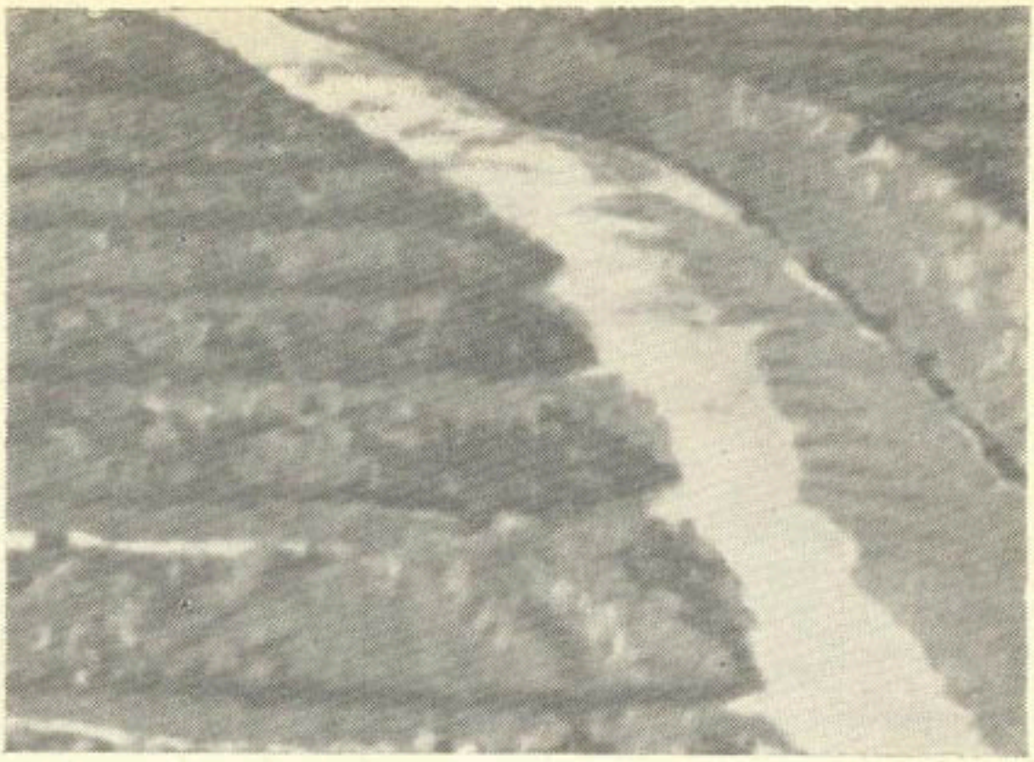


Рис. 6. Распределение воды по бороздам с помощью однобортной горизонтальной выводной борозды.

ка присыпанной валиком (рис. 6). Длина однобортных горизонтальных выводных борозд 60—100 *м*. Вода в борозду поступает с двух сторон из двух смежных временных оросителей. Расход воды в каждом оросителе доводится до 60—120 *л/сек*.

Применение такого метода распределения воды в совхозе «Золотаревский» Ростовской области позволило увеличить поливного тока до 200 *л/сек*. Средняя производительность труда поливальщика при этом поднялась до 4,5 *га* за смену:

Распределение воды с помощью поливных трубопроводов позволяет отказаться от нарезки выводных борозд. Такие трубопроводы могут быть выполнены из тонкостенных металлических труб типа РТ-180 с регулируемыми насадками, установленными через 60—70 *см*. Трубопровод обеспечивает пропуск расхода воды до 100 *л/сек* и с одной позиции поливает полосу шириной до 120 *м*. Задача поливальщика сводится к регулированию головного пуска воды в полосы или борозды с помощью насадков. Сменная выработка его при этом, по данным ЮжНИИГиМ, Астраханской государственной сельскохозяйственной станции и ряда других хозяйств, поднимается до 3—4 *га*.

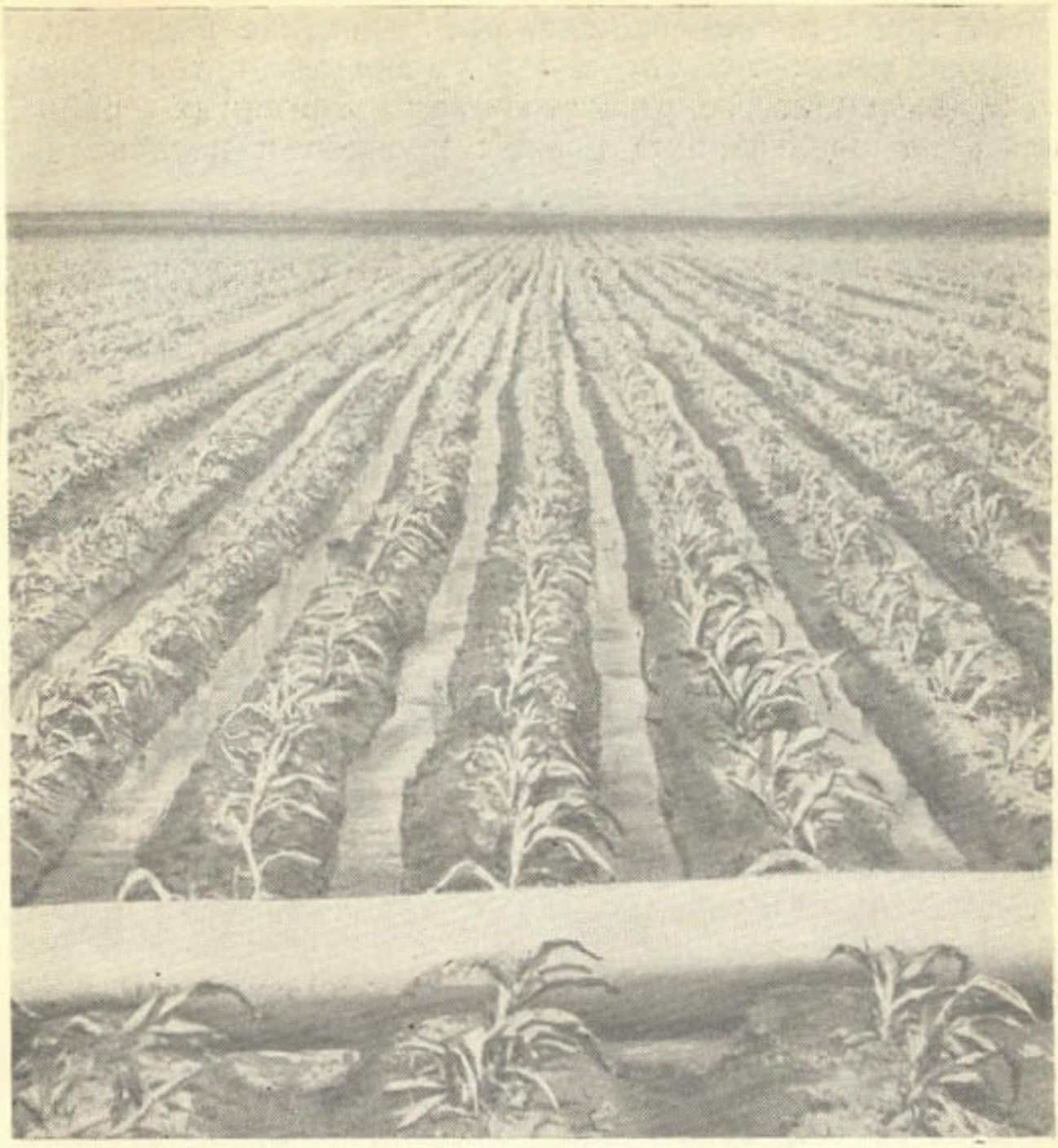


Рис. 7. Распределение воды по бороздам с помощью гибкого поливного трубопровода (совхоз «Волго-Дон» Волгоградской области).

В 2—4 раза повышается производительность труда поливальщиков при использовании для распределения воды по полю гибких оросительных трубопроводов (рис. 7). Длина трубопровода 200—300 *м*. Трубопровод оборудуют насадками с автоматической регулировкой расходов воды. Укладка и сборка таких трубопроводов механизированы. Намоточное устройство, разработанное для трактора Т-28Х3, может укладывать и собирать 5—6 тыс. *м* гибких трубопроводов и обслуживать одно отделение совхоза или 3—4 бригады в хлопковых районах. Кроме повышения производитель-

ности труда поливальщиков, распределение воды с помощью гибких трубопроводов уменьшает потери воды на фильтрацию, сокращает объем земляных работ, улучшает организацию ночных поливов и послеполивных обработок посевов.

Академиком И. А. Шаровым предложен новый прием автоматизации поливов, при котором вместо открытых распределительных каналов применяют стационарные подземные транспортирующие асбестоцементные трубопроводы. Закладывают транспортирующие трубопроводы на глубине 0,6 *м*. По обе стороны от них на глубине 0,35—0,40 *м* размещают постоянные закрытые распределительные трубопроводы, выполненные также из асбестоцементных труб. Из закрытых трубопроводов в поливные борозды вода поступает через отверстия, которые устраивают через 0,6—0,7 *м* по длине трубопроводов.

Благодаря естественному или искусственному напору в поливных трубопроводах вода преодолевает сопротивление слоя грунта в 35—40 *см* и в виде родничков выходит из-под земли (рис. 8). Равномерность распределения воды по длине поливного трубопровода достигается правильным подбором диаметра и длины трубопровода, размера отверстий и величины уклона.

При поливе по методу И. А. Шарова производительность труда поливальщика возрастает в 4—5 раз по сравнению с обычными способами полива. Кроме того, достигается полная автоматизация распределения воды.

Организация и проведение поливов. В состав подготовительных операций по проведению поливов входят: составление оперативных планов-графиков, планировка орошаемой площади, выравнивание поверхности поливных участков, поделка поливной сети (борозды, полосы), нарезка и заравнивание временных оросителей, установка поливной и водоизмерительной аппаратуры.

Тщательно спланированная и выровненная поверхность поля обеспечивает возможность применения полива по длинным бороздам и полосам, способствует равномерному увлажнению и одновременному просыханию почвы, улучшает условия механизации сельскохозяйственных работ, что в конечном итоге приво-

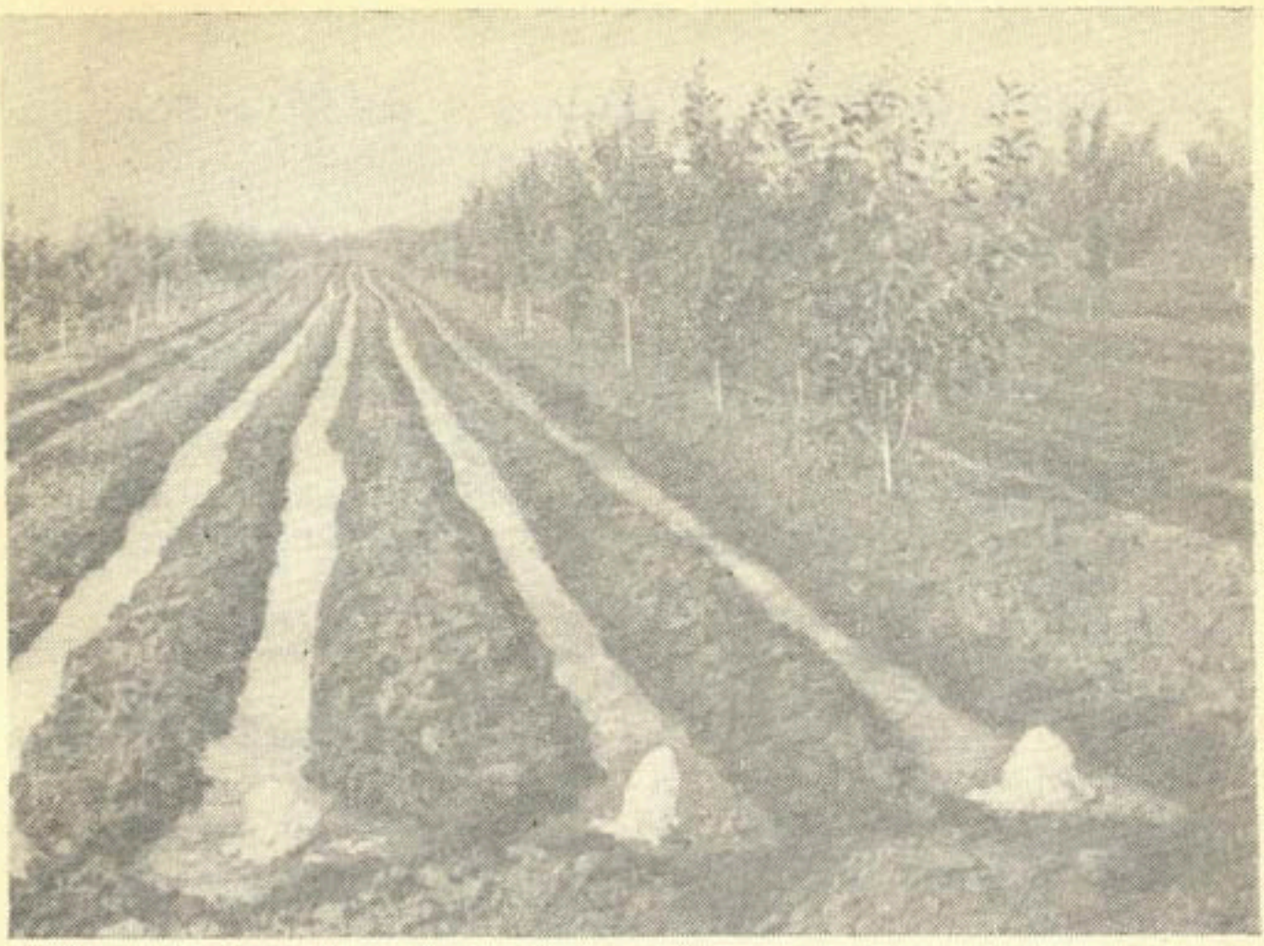


Рис. 8. Автоматизированный полив по методу академика И. А. Шарова (совхоз «Энгельсский» Саратовской области. Фото М. Ф. Натальчука).

дит к получению более высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Работы, связанные с перемещением грунта с мест срезок к местам насыпки его, выполняют при строительной планировке. Заканчивается она выравниванием поверхности поливных участков.

Эксплуатационную планировку проводят хозяйства-водопользователи ежегодно. Цель ее — сгладить неровности микрорельефа, свальные гребни и развальные борозды, остатки временной оросительной и поливной сети и т. п.

Поверхность поля выравнивают последовательными параллельными проходами планировщиков (прицепных и навесных типа ПТ-4А, П-4, ПС-2,75, ПДН-10 и др.) или волокуш. При этом каждый последующий проход перекрывает предыдущий на 20—30 *см*. Число проходов по одному месту — два и более. При втором и последующем проходах планировщик движется в перекрестном или диагональном направлении. Послед-

нюю обработку обязательно проводят по направлению полива.

Для распределения оросительной воды на поле нарезают поливную и временную оросительную сеть. Вначале нарезают поливную сеть (борозды или полосы), а затем делают последовательно выводные борозды и временные оросители.

Для полива зерновых колосовых культур и трав валики полос нарезают по направлению уклона одновременно с посевом. Поливные борозды для проведения вегетационных поливов пропашных культур нарезают непосредственно перед поливом бороздоделателями КРН-4,2; КОН-2,8.

Временные оросители выполняют канавокопателями КЗУ-0,3; КЗУ-0,5; КОР-500 и другими после окончания междурядных обработок и нарезки поливной сети перед поливом.

Оросительную сеть для дождевальных машин ДДА-100М устраивают в виде открытых каналов, которые нарезают на расстоянии 120 *м* параллельно друг другу. Первый и последний оросители нарезают на расстоянии 60 *м* от края поля. Трассы временных оросителей и дорог должны быть предварительно спланированы грейдером или длиннобазовыми планировщиками. Оросители нарезают канавокопателями КЗУ-0,3В или КОР-500 в два прохода на пропуск воды 110—130 *л/сек*. Уклоны временных оросителей 0,0005—0,003. Вдоль левой по течению воды бровки каждого временного оросителя устраивают грунтовую дорогу для движения по ней дождевальной машины. Общая ширина полосы вместе с оросителем 5,5—6,0 *м*.

Так как при остановке агрегата или при переездах с одного оросителя на другой возможен сброс воды, то по нижней части поливного участка устраивают сбросной канал. При хорошей организации труда работа дождевальных машин возможна без сброса. В голове временных оросителей, а иногда и в концевой части их для переезда дождевальных и других машин устраивают трубчатые асбестоцементные переезды диаметром 390 *мм*.

При работе дождевальная машина ДДА-100М движется по дороге. При этом машину ориентируют таким образом, чтобы всасывающий клапан передвигался посредине временного оросителя и был покрыт сло-

ем воды не менее 5—10 *см*. Для обеспечения необходимой глубины воды по длине канала устанавливают временные перемычки, которые делят его на отдельные участки, равные длине гона машины. При максимальном уклоне канала 0,003 нормальная глубина воды создается на участке 150—250 *м*. На каналах с меньшими уклонами длину гона увеличивают.

За один проход машина разбрызгивает в виде дождя слой воды 7,2 *мм*. Число проходов машины по одному и тому же месту зависит от установленной нормы полива; во избежание холостых прогонов чаще всего оно принимается нечетным. Производительность агрегата зависит от коэффициента использования машины в смену (при хорошей организации труда он может быть доведен до 0,7—0,8), поливной нормы и продолжительности смены. Обслуживают агрегат ДДА-100М два человека — тракторист и его помощник. При работе со скользящей перемычкой агрегат обслуживает один тракторист.

Дальнеструйные дождевальные машины ДДН-45, ДДН-70 и другие работают также с заборами воды из открытых временных оросителей, которые нарезают параллельно друг другу на расстоянии 80 *м*. Крайние оросители устраивают в 40 *м* от границы поля. Временные оросители должны обеспечивать пропуск воды 50—60 *л/сек*. Машины работают позиционно по кругу или по сектору. При работе по кругу расстояние между стоянками принимают 90 *м*, при работе по сектору — 45 *м*.

Полив дальнеструйными дождевальными машинами можно начинать как с головы, так и с конца временного оросителя. Во время работы необходимо сохранять вертикальное положение дождевального агрегата, чтобы обеспечить одинаковую дальность полета струи во всех направлениях. Нормальная работа агрегатов возможна при скорости ветра до 1,5—3,0 *м/сек*. Более сильный ветер снижает дальность полета струи и приводит к неравномерному увлажнению поля. При скорости ветра до 3 *м/сек* полив можно проводить по любой схеме, а при большей скорости — только по сектору.

Продолжительность работы машины на одной стоянке зависит от поливной нормы и принятой схемы полива. Например, для машины ДДН-45 поливная норма $m = 100$ *м*^{3}*/га* при работе по кругу дается за 40 *мин*,

а по сектору — за 20 *мин*, $m = 200$ *м³/га* соответственно за 80 и 40 *мин*, $m = 300$ *м³/га* — за 120 и 60 *мин* и т. д.

Короткоструйные дождевальные установки КДУ-55М работают преимущественно от закрытой оросительной сети или открытой с применением передвижных насосных станций. Рабочие трубопроводы или открытые каналы располагают на расстоянии 300 *м* один от другого. Это расстояние равно двойной длине рабочего крыла дождевальной установки. Расстояние между гидрантами-водовыпусками на рабочих трубопроводах принимается равным 120 *м*. При работе дождевальной установки можно применять двухстороннюю или одностороннюю схему расположения крыльев.

Дождевальное крыло с одной позиции орошает площадку шириной 15 *м* и длиной 156 *м*. Для хорошего перекрытия поливных участков позиции крыльев располагают через 10 *м*. Продолжительность работы крыла на одном месте t в зависимости от поливной нормы изменяется таким образом: при $m = 100$ *м³/га* $t = 13{,}5$—15 *мин*, при $m = 200$ *м³/га* $t = 27$—30 *мин*, при $m = 300$ *м³/га* $t = 40$ *мин*, при $m = 400$ *м³/га* $t = 55$—60 *мин*.

Для повышения эффективности использования дождевальных машин в каждом хозяйстве составляют графики их работы, которые увязывают со сроками и нормами полива, принятой при планировании водопользования технологией возделывания сельскохозяйственных культур.

Всю орошаемую площадь заранее распределяют между звеньями. Звенья укомплектовывают опытными поливальщиками. Практика показала, что такая организация труда в конечном итоге ведет к улучшению качества полива и повышению производительности труда поливальщиков.

При поверхностных способах полива каждый поливальщик должен быть обеспечен резиновыми сапогами, лопатой, мотыгой, одним транзитным и двумя глухими щитами, а при проведении полива в ночное время — и фонарем. Если в хозяйстве для распределения воды применяется поливная арматура, то из расчета на каждого поливальщика следует иметь 100—120 сифонов или поливных трубок, которые доставляются на поле к началу полива.

До начала полива поливальщики устанавливают щиты на временном оросителе и выводной борозде, поливные трубки в голове поливных борозд или раскладывают сифоны. Закончив все подготовительные работы, приступают к регулированию пуска воды в выводную борозду и временный ороситель и по мере наполнения их заряжают сифоны. Опытный поливальщик за 7—10 *мин* заряжает 45—50 сифонов и пускает воду в соответствующее число поливных борозд.

При пуске воды в поливные борозды или полосы с помощью сифонов полив начинают с головы временного оросителя и выводной борозды. Такой порядок проведения полива (от головной части временного оросителя к концевой) значительно облегчает установку щитов при переходе на новую позицию, повышает коэффициент полезного использования воды.

Если полив проводится без сифонов, то его начинают с конца временного оросителя и выводной борозды, двигаясь при переходе на новую позицию навстречу поливному току воды.

Ответственность за организацию проведения полива в звене возлагается на звеньевого или старшего поливальщика. Старший поливальщик обеспечивает подготовку поля к поливу, расстановку поливальщиков, распределение между ними получаемого тока воды и проведение полива в установленные планом сроки.

Проведением поливов в колхозах и совхозах руководит агроном хозяйства. Вместе с управляющим отделением совхоза или бригадиром производственной бригады он несет ответственность за качество полива, соблюдение установленных сроков и норм полива, использование воды. Агроном принимает также непосредственное участие в составлении оперативных графиков полива и обработок, в установлении очередности подачи воды между звеньями или бригадами, ежедневно учитывает и принимает от старших поливальщиков политую площадь по бригадам или отделениям совхозов, руководит проведением хозяйственных планов в жизнь.

Учет политых площадей ведут раздельно по каждому поливу и культуре. В случае отклонения фактически политой площади от плановой устанавливают причину. Результаты учета политых площадей и качество полива отражают в журнале поливов. Контуры поли-

тых площадей отмечают на плане землепользования бригады (отделения) хозяйства. Сведения о ходе поливов в хозяйствах за каждую декаду представляют в управление оросительной системы и районное производственное управление.

Контроль за проведением поливов. Контроль за использованием воды в хозяйствах осуществляет управление оросительных систем и гидротехник районного производственного управления. Для организации контроля устанавливают точный учет воды, поступающей в хозяйство в целом, а также по отдельным звеньям и бригадам. Среднюю поливную норму определяют путем сопоставления данных о количестве отпущенной хозяйством воды с данными отчетов колхозов и совхозов о политой площади.

Участковые гидротехники и водные объездчики должны систематически объезжать орошаемые участки, проверять технику полива, состояние оросительной и дренажной сети, проводить контрольные замеры поливных норм, устанавливать размеры сброса оросительной воды. Обнаруженные при проверке факты неправильного использования воды в хозяйствах, нарушения и отклонения от планов водопользования немедленно доводятся до сведения руководителей колхозов или совхозов и управления оросительной системы. В случае серьезных нарушений планового водопользования работники управления оросительной системы составляют акты, которые затем передаются в районные Советы депутатов трудящихся для привлечения к ответственности нарушителей.

Об эффективности организации водопользования в хозяйствах судят по выполнению плана подачи воды с учетом фактической водообеспеченности системы как в целом за оросительный период, так и за каждую декаду. Показатель водоподачи γ равен отношению количества воды $W_ф$, поступившего в хозяйство за расчетный период, к плановому объему подачи воды $W_п$ за тот же период, то есть

$$\gamma = \frac{W_ф}{W_п}.$$

Выполнение плана поливов оценивают по декадам и на данную дату — отношением фактически политой площади к площади, которую планировалось полить за

это время. Фактические и плановые площади полива сравнивают как в гектарах физической площади, так и в гектаро-поливах.

Важными показателями использования воды в хозяйстве являются коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети (к. п. д.) и коэффициент использования воды (к. и. в.).

К. п. д. внутрихозяйственной сети равен отношению количества воды, поданной на поля, к объему воды, которая поступила за это время в хозяйство в точках водовыдела:

$$\eta_{в.х} = \frac{W_{поля}}{W_{водов}} = \frac{Q_{нт}\,t}{Q_{бр}\,T} = \frac{m_{ср}F_{полит}}{Q_{бр}\,T},$$

где $W_{поля}$ и $Q_{нт}$ — соответственно объем и средний расход воды, которые поступили на поля за время полива t (t в сутках);

$W_{водов}$ — объем водоподачи в хозяйство за расчетный период;

$Q_{бр}$ — средний расход воды в точках водовыдела в хозяйство за период T (T равно продолжительности полива с учетом времени добегания воды от хозяйственного водовыдела до поливаемой площади);

$m_{ср}$ — средняя поливная норма на площади F, политой за время t.

Величина $\eta_{в.х}$ не должна быть ниже 0,80—0,85 для каналов в земляном русле и 0,90—0,95 на закрытых оросительных системах и в облицованных каналах.

Коэффициент использования воды в хозяйстве определяют по формуле:

$$к.\ и.\ в. = \frac{P_п}{P_в} \cdot \frac{\eta_ф}{\eta_{пл}},$$

где $P_п$ — процент выполнения плана поливов;

$P_в$ — процент выполнения подачи воды в хозяйство;

$\eta_{пл}$ и $\eta_ф$ — плановый и фактический коэффициенты полезного действия внутрихозяйственной сети.

Величина к. и. в. не должна быть ниже 0,80. Наиболее высокое использование оросительной воды при к. и. в. = 0,95—1,05.

Основным показателем успешного проведения хозяйственного плана водопользования является выполнение плановой урожайности и валового сбора сельскохозяйственной продукции по каждой культуре, которая выращивается на орошаемых землях.

СИСТЕМНЫЕ ПЛАНЫ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Состав системных планов и исходные материалы для их составления. Системные планы водораспределения принимают за основу работы всей оросительной системы; это главный документ оперативной деятельности системных управлений. Планирование водопользования на оросительных системах выражается в определении возможностей и потребностей забора воды из источника орошения и последующем распределении и подаче ее в хозяйства-водопользователи. Системные планы водораспределения составляет по календарному году управление оросительной системы; утверждает их вышестоящая водохозяйственная организация. Для облегчения и упрощения рекомендуется на 3—5 лет разрабатывать показатели водозабора и распределения воды на системе. Тогда ежегодное составление планов по системе сводится к уточнению установленных показателей с учетом представленных хозяйствами заявок на воду и складывающихся на данный год погодных условий.

Системные планы водораспределения составляют по формам, установленным Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР, и состоят они из следующих основных частей:

ведомости расчетных расходов (горизонтов) воды в источнике орошения с указанием возможного забора воды в оросительную систему;

плана забора воды в оросительную систему;

плана распределения воды между участками и узлами системы с определением подачи ее хозяйствам-водопользователям;

плана мероприятий по уходу за каналами и сооружениями.

Для составления системных планов необходимы следующие материалы:

план или подробная схема оросительной системы с указанием магистральных и распределительных каналов, границ хозяйств, эксплуатационных участков, узлов рас-

пределения и командования, точек водовыдела в хозяйства, постов и створов балансовой гидрометрии, скважин для наблюдения за уровнем грунтовых вод и т. д.;

почвенная и гидрогеологическая карта (или схема) с указанием в границах системы типа почв, глубины залегания грунтовых вод, рельефа местности и др.;

ведомость хозяйств и их земельный фонд;

план размещения сельскохозяйственных культур в хозяйствах на год планирования водораспределения;

лимит водозабора и возможного отпуска воды хозяйствам с учетом водоносности источника орошения и погодных условий года;

расходы и горизонты воды в источнике орошения за последние десять лет в створе размещения головного сооружения оросительной системы;

изменение расходов и горизонтов воды в источнике орошения на данный гидрологический год;

сведения о мелиоративном состоянии орошаемых земель за последние 5—10 лет;

заявки колхозов и совхозов на воду;

отчеты по водопользованию на оросительной системе за последние пять лет.

Расчетный режим источника орошения. Объем годового стока, расходы и горизонты в источнике орошения подвержены значительным колебаниям как в течение года, так и в многолетнем разрезе.

Для практических целей важно знать закономерность этих колебаний, вероятность наступления различных по водности лет, которые характеризуются объемом годового стока и распределением его по сезонам и месяцам.

Для крупных источников орошения, имеющих межобластное или межреспубликанское значение и питающих несколько оросительных систем, расчетный режим устанавливают республиканские или союзные органы водного хозяйства на основе специальных расчетов.

Расчетный режим более мелких источников орошения устанавливают по данным изменения расходов или горизонтов воды в реке за последние 10—15 и более лет. Для этого фактический сток или среднемесячные расходы за вегетационный период (апрель — сентябрь) за ряд лет наблюдений располагают в убывающем порядке.

Место m года заданной обеспеченности $P\%$ в ряду определяют по формуле:

$$m = \frac{P}{100}(n + 1),$$

где P — заданная обеспеченность, показывающая число лет или случаев, для которых расходы воды за период наблюдений были равны данному или превышали его. Для среднего по водности года $P = 50$, для повышенного — 25, для пониженного — 75%;

n — число лет наблюдений.

По величине стока или среднемесячным расходам воды за вегетационный период для года 50-, 75- и 25%-ной обеспеченности устанавливают соответствующие им реальные годы. Сравнивая расходы воды в реке за осенне-зимний период (октябрь — январь) для трех характерных лет (50-, 75- и 25%-ной обеспеченности) и расчетный год, определяют вероятные расходы воды в реке на год, для которого составляется план водораспределения.

Возможность водозабора в оросительную систему по месяцам вегетационного периода устанавливают с учетом права данной системы на воду.

Подачу воды в оросительную систему по месяцам года определяют на основе анализа потребности в оросительной воде, возможности забора ее из источника орошения и пропускной способности каналов и сооружений в головной части системы. По данным прогноза вероятных колебаний расходов воды в реке и возможности водозабора на данный год оросительную способность системы можно подсчитать по зависимости:

$$W_c = \frac{S_в}{L_{водоз}},$$

где W_c — оросительная способность системы, *га*;

$S_в$ — возможность забора воды в оросительную систему с апреля по сентябрь, $м^3$;

$L_{водоз}$ — лимит водозабора для оросительной системы, $м^3/га$.

Лимит водозабора зависит от района расположения оросительной системы, состава возделываемых культур, принятого режима орошения, состояния оросительной сети, организации водопользования и некоторых других факторов. Для Центральной черноземной области при

возделывании зерновых, овощных и трав лимит водозабора колеблется в пределах 3—4 тыс. *м³/га*. В степных районах РСФСР, на Украине, в Молдавской ССР он возрастает до 4—5 тыс. *м³/га*. В условиях южных степных (нехлопковых) районов Казахской ССР, Киргизской ССР и РСФСР лимит водозабора увеличивается до 6—8 тыс. *м³/га*. В северных районах хлопководства он достигает 9—10 тыс., а в районах субтропиков — 11—14 тыс. *м³/га*.

План забора воды в систему. Необходимые для системы расходы воды определяют путем составления календарного плана или графика водозабора. Для каждого узла вододеления или канала расход устанавливают с учетом заявок хозяйств-водопользователей на воду и потерь ее при транспортировании по формуле:

$$Q_{бр} = Q_{нт} + S = \frac{Q_{нт}}{\eta},$$

где $Q_{бр}$ — расход воды с учетом потерь (брутто);
$Q_{нт}$ — расход без учета потерь (нетто);
S — потери воды при прохождении ее по каналу;
η — к. п. д. канала.

Потери воды и коэффициент полезного действия по каналам, отдельным участкам и по системе в целом устанавливают по данным балансовой гидрометрии с учетом фактических потерь воды за прошлые годы. Общие потери из межхозяйственной сети не должны превышать 25—30% количества воды, которое забирается в систему за весь период работы. Допустимую величину нормальных потерь для каждого участка канала устанавливает управление оросительной системы.

При отсутствии данных наблюдений, потери ориентировочно можно определить по формуле А. Н. Костякова:

$$S = \frac{\sigma l Q_{нт}}{100},$$

где S — потери воды, *м³/сек*;
l — длина канала, *км*;
$Q_{нт}$ — расход воды нетто, *м³/сек*;
σ — потери в процентах от расхода воды на 1 *км* длины канала:

$$\sigma = \frac{A}{Q^m},$$

где A и m — коэффициенты, значение которых изменяется в зависимости от водопроницаемости грунта в следующих пределах:

при слабой водопроницаемости	$A=0{,}7$;	$m=0{,}3$
при средней водопроницаемости	$A=1{,}9$;	$m=0{,}4$
при сильной водопроницаемости	$A=3{,}4$;	$m=0{,}5$

Более точно потери воды можно определить по формуле Н. Н. Павловского:

$$S = 0{,}0116(B + 2h)K_{ф} \ м^3/сек \cdot км,$$

где B — ширина канала на свободной поверхности воды;

n — глубина воды в канале;

$K_{ф}$ — коэффициент фильтрации грунта.

Потери воды на 1 *км* длины канала можно подсчитать по формуле С. А. Гиршкана:

$$S_{у} = 0{,}063\sqrt{Q}\,K_{ф},$$

где Q — расход воды нетто, *м³/сек.*

Для определения потерь воды в каналах пользуются также таблицей (табл. 8), составленной по формуле А. Н. Костякова.

Коэффициент полезного действия канала или участка находят по формуле:

$$\eta = \frac{Q_{нт}}{Q_{нт} + S} = \frac{Q_{бр} - S}{Q_{бр}} = \frac{Q_{нт}}{Q_{бр}},$$

где $Q_{нт}$ — расход воды в конце участка;

$Q_{бр}$ — расход воды в голове канала или участка с учетом потерь;

S — потери на участке.

Коэффициент полезного действия межхозяйственной сети определяют по зависимости:

$$\eta_{м.х.с} = \frac{\Sigma Q_{нт}}{\Sigma Q_{нт} + \Sigma S_{м.х.с}},$$

где $\Sigma Q_{нт}$ — сумма расходов, которые подаются на системе в хозяйственные водовыделы;

$\Sigma S_{м.х.с}$ — сумма потерь в каналах межхозяйственной сети.

Коэффициент полезного действия системы

$$\eta_{сист} = \frac{\Sigma Q^{нт}_{сист}}{Q^{бр}_{сист}},$$

Таблица 8

Потери воды в каналах

Расход воды, $м^3/сек$	Потери ($л/сек$) на 1 $км$ при водопроницаемости грунтов		
	слабой	средней	сильной
0,051—0,060	0,9	3,3	8,0
0,061—0,070	1,0	3,7	8,7
0,071—0,080	1,1	4,0	8,3
0,081—0,090	1,2	4,3	9,8
0,091—0,100	1,3	4,6	10,0
0,101—0,120	1,5	5,0	11,0
0,121—0,140	1,7	5,6	12,0
0,141—0,170	1,9	6,2	13,0
0,171—0,200	2,2	6,9	15,0
0,201—0,230	2,4	7,6	16,0
0,231—0,260	2,6	8,2	17,0
0,261—0,300	2,9	8,8	18,0
0,301—0,350	3,2	9,6	19,0
0,351—0,400	3,5	10,0	21,0
0,401—0,450	3,8	11,0	22,0
0,451—0,500	4,2	12,0	23,0
0,501—0,600	4,6	13,0	25,0
0,601—0,700	5,2	15,0	27,0
0,701—0,850	5,8	16,0	30,0
0,851—1,000	6,5	18,0	33,0
1,001—1,250	7,1	20,0	36,0
1,251—1,500	8,7	23,0	40,0
1,501—1,750	9,9	26,0	43,0
1,751—2,000	11,0	28,0	46,0
2,001—2,500	12,0	31,0	51,0
2,501—3,000	14,0	35,0	57,0
3,001—3,500	16,0	39,0	62,0
3,501—4,000	18,0	42,0	66,0
4,001—5,000	20,0	47,0	72,0
5,001—6,000	23,0	53,0	80,0
6,001—7,000	26,0	58,0	87,0
7,001—8,000	29,0	64,0	93,0
8,001—9,000	31,0	69,0	99,0
9,001—10,000	34,0	74,0	105,0
10,001—12,000	37,0	81,0	112,0
12,001—14,000	42,0	89,0	122,0
14,001—17,000	48,0	98,0	134,0
17,001—20,000	54,0	109,0	147,0
20,001—23,000	60,0	120,0	158,0
23,001—26,000	66,0	130,0	168,0
26,001—30,000	72,0	139,0	180,0

где $\Sigma Q^{нт}_{сист}$ — расход воды, подаваемый на поля хозяйств, которые обслуживаются в данное время системой;

$Q^{бр}_{сист}$ — расход воды брутто, забираемый в голове оросительной системы из источника орошения.

Коэффициент полезного действия системы при прочих равных условиях изменяется в зависимости от расходов воды в каналах. С. Р. Оффенгенден при непрерывной подаче воды для расходов, меньших максимального, рекомендует определять к. п. д. системы по формуле:

$$\eta_\alpha = \frac{\eta + \alpha^m - 1}{\alpha^m},$$

где η_α — к. п. д. при пропуске расхода, составляющего долю α от максимального;

η — к. п. д. системы при максимальном расходе воды;

Таблица 9

Значения коэффициента полезного действия для различных по водопроницаемости грунтов

α \ η	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40
m=0,3 (грунты слабой проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,69	0,59	0,48	0,38
0,80	0,89	0,79	0,68	0,57	0,46	0,36
0,70	0,89	0,78	0,67	0,55	0,44	0,33
0,60	0,88	0,77	0,65	0,53	0,42	0,30
0,50	0,88	0,75	0,63	0,51	0,38	0,26
0,40	0,87	0,74	0,61	0,47	0,34	0,21
m=0,4 (грунты средней проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,69	0,58	0,48	0,38
0,80	0,89	0,78	0,67	0,56	0,45	0,34
0,70	0,89	0,77	0,65	0,54	0,42	0,31
0,60	0,88	0,75	0,63	0,51	0,39	0,26
0,50	0,87	0,74	0,60	0,47	0,34	0,21
0,40	0,86	0,71	0,57	0,42	0,28	0,13
m=0,5 (грунты сильной проницаемости)						
0,90	0,90	0,79	0,68	0,58	0,47	0,37
0,80	0,89	0,78	0,66	0,55	0,44	0,33
0,70	0,88	0,76	0,64	0,52	0,40	0,28
0,60	0,87	0,74	0,61	0,48	0,35	0,23
0,50	0,86	0,72	0,58	0,43	0,29	0,15
0,40	0,84	0,68	0,53	0,37	0,21	0,05

m — показатель степени, характеризующей водопроницаемость грунта (0,3—0,5).

Величина к. п. д. по формуле С. Р. Оффенгендена может быть определена по таблице 9.

На основе учета заявок хозяйств на воду и потерь воды в каналах межхозяйственной сети подекадно определяют расходы воды, которые необходимо забирать из источника орошения. Сопоставление потребных расходов воды в голове оросительной системы с возможностями забора ее из источника орошения позволяет установить реальность системного плана водораспределения и возможности обеспечения заявок хозяйств на воду. В том случае, когда отклонения потребного расхода от возможного забора воды не превышают ±5%, баланс считается увязанным. В итоге подсчетов план забора воды в оросительную систему оформляют в виде ведомости подекадных расходов и объемов воды.

План распределения воды по оросительной системе между участками и узлами составляют подекадно на основе плана водозабора из источника орошения. Лучшая форма плана — диспетчерский график (см. ниже).

К системному плану водораспределения прикладывают краткую пояснительную записку, в которой указывают водоносность источника орошения на данный год, особенности водопользования в наиболее напряженные периоды, возможность введения водооборота, плановые показатели работы системы. План водораспределения обсуждают на общем собрании работников системы с участием представителей хозяйств-водопользователей и районных организаций. Не позднее чем за месяц до начала поливов планы оросительных систем районного значения утверждают райисполкомы, межрайонных оросительных систем — обл(край)исполкомы, межобластных оросительных систем — Министерства мелиорации и водного хозяйства союзных республик, межреспубликанских систем — Главные управления эксплуатации водохозяйственных систем и сооружений Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР.

ПРОВЕДЕНИЕ СИСТЕМНЫХ ПЛАНОВ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Пуск воды в оросительную систему. Готовность оросительных систем к пуску воды проверяют перед началом поливного сезона специальные комиссии. В работе

комиссии принимают участие представители областного управления мелиорации и водного хозяйства, райисполкома и системных управлений. Обнаруженные при проверке недостатки устраняют в сроки, установленные комиссией.

До начала поливов управление оросительной системы проводит инструктивное совещание с участковыми работниками системы, агрономами и гидротехниками хозяйств-водопользователей. На совещании подробно рассматриваются основные показатели плана водораспределения и порядок проведения его в жизнь, устанавливаются ориентировочные сроки ввода оросительной системы в работу. Каждому эксплуатационному участку дается выписка из плана распределения подаваемых расходов воды по всем узлам и водовыделам, расположенным в границах участка.

Срок пуска воды в систему заранее объявляется приказом по управлению системы и доводится до сведения хозяйств-водопользователей. К началу заполнения каналов водой на сооружениях наносят масляной краской линии предельно допустимых горизонтов воды, соответствующих пропуску максимальных расчетных расходов. При заполнении оросительных систем водой различают два характерных периода: в первом — каналы межхозяйственной сети заполняются водой, во втором — обеспечивается подача оросительной воды в хозяйства.

Наполнение каналов при пуске воды проводят постепенно: на малых каналах расходы воды увеличивают не более чем на 20% от пропускаемого, а на больших — не более чем на 10%. В период наполнения каналов весь линейный персонал системы расставляют по наиболее ответственным участкам и узлам с таким расчетом, чтобы обеспечить контроль за состоянием каналов и сооружений. После наполнения каналов до нормальных горизонтов приступают к подаче воды в хозяйства по их заявкам.

Диспетчеризация управления водой на системах. Распределение воды на системе осуществляют на основе диспетчерского графика по прямым указаниям диспетчера. Диспетчерские графики составляют ежедекадно в соответствии с утвержденным системным планом водораспределения и водными ресурсами. В диспетчерском графике устанавливают поступление и распределение воды по узлам оросительной системы, начиная от головной части ее и заканчивая концевой. При этом для каж-

дой декады указывают размер водозабора и порядок распределения воды между районами, эксплуатационными участками и гидротехническими узлами на системе.

Контроль за выполнением диспетчерских графиков забора и распределения воды на системах возлагается на дежурного диспетчера. Ежедневно по данным измерения расходов и горизонтов воды в источнике орошения он определяет размер возможного водозабора.

Если возможный водозабор больше планового, в узлах вододеления устанавливают расчетные (плановые) расходы; если меньше, то поступают следующим образом. Отклонения размера водозабора в пределах 10% от планового учитывают при составлении диспетчерского графика. При устойчивых отклонениях более чем на 10% вносят коррективы в системный план водораспределения.

Системные планы водораспределения корректируют на основе уточненных месячных прогнозов водоносности и фактического состояния посевов. Уточнение посевных площадей по оросительной системе для летнего периода должно быть закончено до 1 июня, а для зимнего периода — до 1 декабря. Все изменения планов водораспределения доводятся до сведения хозяйств-водопользователей.

В соответствии с установленным балансом водораспределения дежурный диспетчер дает распоряжение на эксплуатационные участки по вододелению между узлами системы. Распоряжения диспетчера обязательны для всех лиц, ведающих частями или участками системы. При вступлении на дежурство он детально знакомится с плановым заданием по системе на время дежурства, получает сведения от сменяемого им лица о состоянии системы и указания от начальника или главного инженера системы о порядке выполнения плана.

Автоматизация оросительных систем. В последние годы все большее распространение получает централизованный контроль за забором и распределением воды на оросительных системах на основе автоматизации управления водой. Широкое внедрение автоматизации повышает технический уровень эксплуатации и делает водопользование на системах более четким, надежным и экономичным. Вместе с тем автоматизация вносит много нового в организационную структуру эксплуатации, предъявляет иные требования к эксплуатационному персоналу.

Под автоматизацией оросительных систем понимается оснащение их устройствами автоматизации и телемеханики, позволяющими полностью или частично осуществлять их эксплуатацию без непосредственного участия человека. Роль обслуживающего персонала на автоматизированных системах сводится к наблюдению за автоматически протекающими процессами и поддержанию средств автоматизации в рабочем состоянии.

Автоматическое управление заключается в том, что имеющиеся устройства обеспечивают начало и необходимую последовательность операций, составляющих данный рабочий процесс. Например, автоматическое управление работой электродвигателей и насосных агрегатов на откачечных из коллекторно-дренажной сети насосных станциях осуществляется с помощью блоков управления, панелей с аппаратурой автоматики (в машинном зале станции), поплавковых устройств и электродных датчиков. При поднятии в приемной камере горизонтов воды до заданного программой уровня поплавковое устройство или электродный датчик замыкает контакты низкого напряжения, вследствие чего через промежуточное реле и контактор ускорения происходит включение агрегатов насосной станции. При снижении горизонта воды в подводящем канале до нижнего заданного предела поплавковое устройство или электродные датчики размыкают контакты реле уровней, ток в катушке главного контактора исчезает, что приводит к автоматическому отключению электродвигателя. Таким образом, весь процесс включения и выключения насосной станции автоматизирован.

Наряду с автоматическим существует и полуавтоматическое управление узлами или элементами системы. Подача начального импульса при полуавтоматическом управлении осуществляется человеком, а дальнейшие операции в заданной последовательности протекают автоматически. Такая схема автоматизации применяется чаще всего при подъеме и опускании затворов, управлении агрегатами насосных станций и др.

Следует отметить, что автоматизация оросительных систем охватывает широкий круг вопросов — от автоматизации работы производственного предприятия до усовершенствования какого-нибудь единичного процесса. При всем многообразии этих процессов автоматизации в первую очередь подлежат:

контроль состояния оборудования и сооружений, обеспечивающий надежность и безаварийность элементов или узлов оросительных систем. При возникновении каких-либо отклонений от нормального состояния появляется звуковой или световой сигнал. Такие сигналы могут поступать на пульт управления при перегреве подшипников насосных агрегатов, отклонении уровня воды от заданного, чрезмерном давлении в трубопроводах и т. п.;

защита от нарушений режимов работы и повреждений, возникающих на участках электрических сетей в случае возникновения недопустимых перегрузок, коротких замыканий и др.;

работа отдельного объекта в целом, например головного водозаборного узла, водовыпускного сооружения, насосной станции и т. д.;

централизованный учет (и контроль) водозабора и водораспределения путем автоматической передачи на диспетчерский пункт через заданные промежутки времени показаний приборов и записей колебания горизонтов или расходов воды на бумаге;

водоподача и водораспределение в комплексе, сочетающем все мероприятия по централизованному учету, контролю и управлению всеми регулируемыми сооружениями;

процесс орошения путем создания единой телеавтоматической системы, обеспечивающей проведение полива в заданное время с применением высокопроизводительных агрегатов, которые автоматически включаются в работу по команде датчиков при снижении влажности почвы до заданного программой уровня.

К наиболее распространенным объектам автоматизации оросительных систем относятся в первую очередь:

головные водозаборные узлы;

насосные станции машинного водоподъема и перекачечные станции на дренажных каналах оросительных систем;

насосные установки для водозаборных скважин вертикального дренажа, водоснабжения и для орошения подземными водами;

линейные гидротехнические сооружения для регулирования водораспределения на каналах, лотках и трубопроводах оросительных систем.

Гидротехнические сооружения на оросительных системах из-за многообразия природных и хозяйственных условий имеют большое число типоразмеров, модификаций со специфическими конструктивными и эксплуатационными особенностями. Все это и некоторые другие факторы обусловливают свои особенности и трудности автоматизации оросительных систем. Основные из них следующие:

рассредоточенность объектов управления и контроля;

влияние регулирования режима работы одного сооружения на режим расходов и уровней воды других сооружений;

управление объектами, требующими различного числа изменений установленного режима работы во времени (в некоторых случаях режим работы изменяют 1—2 раза в сутки, а иногда он остается постоянным в течение нескольких дней);

отсутствие вдоль водоводов источников электроэнергии;

расположение объектов на открытом воздухе.

Тем не менее успехи, достигнутые в области автоматизации отдельных узлов и сооружений, свидетельствуют о высокой эффективности внедрения автоматизации и телемеханизации оросительных систем. На автоматизированных системах значительно повышается коэффициент полезного действия, обеспечивается высокая производительность труда, четкость, надежность и экономичность эксплуатации всех сооружений. В настоящее время созданы необходимые условия для широкой автоматизации на базе промышленного производства механизмов и аппаратуры, предназначенной для оснащения оросительных систем. Объем и схема автоматизации для каждого объекта выбираются применительно к его типу и выполняемым задачам.

Оперативное управление автоматизированной системой осуществляется диспетчером централизованно. При комплексной автоматизации оросительной системы диспетчер выполняет функции оперативного лица, который непосредственно воздействует на режим работы сооружений и контролирует его по показаниям измерительных приборов.

В зависимости от взаимного расположения и организации каналов связи различают следующие схемы связи

объектов автоматизации с диспетчерским пунктом: цепочкой, радиальное и древовидное (рис. 9).

При расположении объектов автоматизации цепочкой от диспетчерского пункта прокладывается общий канал связи, от которого отходят индивидуальные каналы. Во второй схеме, радиальной, каждый объект автоматизации имеет индивидуальную связь с центральным диспетчерским пунктом, который располагают по возможности в районе центра оросительной системы. Древовидная схема является наиболее общим случаем расположения объектов самотечных оросительных систем.

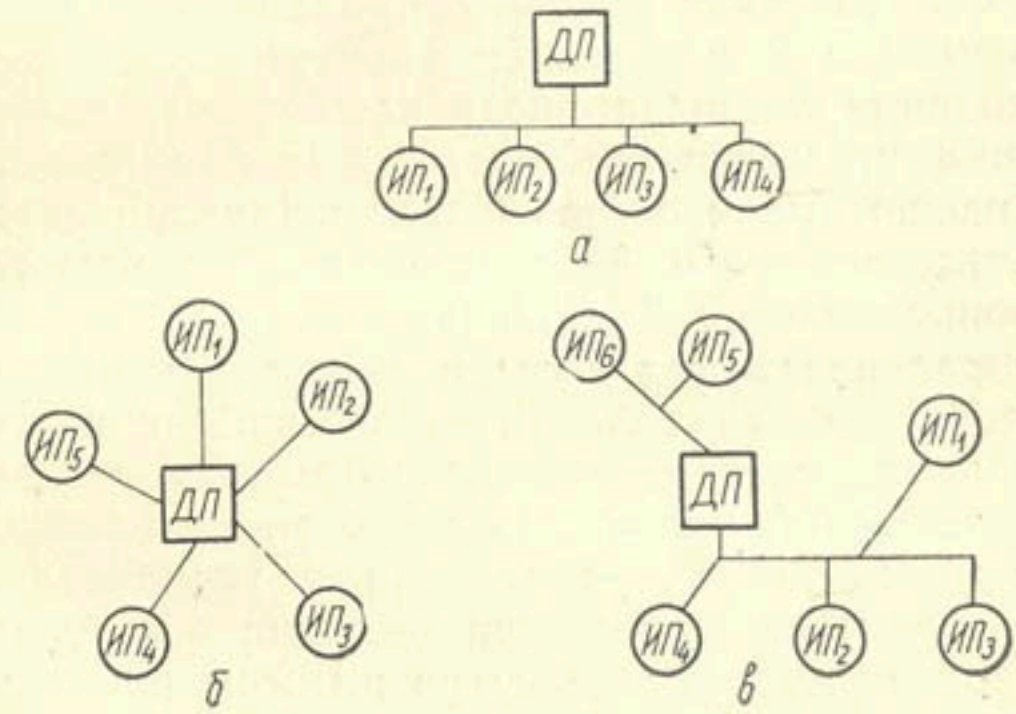


Рис. 9. Схема линий связи диспетчерского (ДП) с исполнительными пунктами (ИП) при размещении их цепочкой (*а*), радиально (*б*) и в виде разветвленного дерева (*в*).

В настоящее время автоматизированные оросительные системы в нашей стране получают все более широкое распространение. В 1958 г. осуществлена комплексная автоматизация насосных станций Сальянской оросительной системы. В 1963 г. была принята в эксплуатацию система автоматизации работы Терско-Кумского гидроузла. Автоматические устройства обеспечивают поддержание заданного расхода воды в канале с точностью ±3%. Ведутся дальнейшие работы по автоматизации распределения и учета воды. В 1968 г. закончены работы по автоматизации Невинномысского канала.

Большие работы проводятся по автоматизации и гидромеханизации Петровско-Анастасиевской и Афипской рисовых систем Краснодарского края. Для автоматиза-

ции управления водой на Петровско-Анастасиевской системе (общая площадь 36 тыс. *га*) разработан и внедряется в производство комплекс технических средств на 200 исполнительных пунктов. Экономическая эффективность внедрения гидроавтоматов на этой системе обеспечивает экономию воды из расчета на гектар посевов риса до 3100 $м^3$. В то же время автоматическое регулирование горизонтов воды в соответствии с заданной программой в рисовых чеках и обслуживающих их каналах позволяет поддерживать оптимальный режим орошения культуры. Благодаря этому на автоматизированных участках системы прибавка урожая зерна риса составила 3 *ц/га* по сравнению с участками, где автоматизация не была внедрена.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений на автоматизацию и телемеханизацию Петровско-Анастасиевской и Афипской рисовых оросительных систем определяется 2—3 годами.

Учет распределения воды и контроль использования ее в хозяйствах. Учет фактического забора и распределения воды на системе ежедневно выполняет дежурный диспетчер. С этой целью каждое утро гидротехники головного узла, узлов вододеления и эксплуатационных участков представляют дежурному диспетчеру сведения о расходах за прошедшие сутки по всем пунктам учета воды. Полученные сведения по водораспределению и политым площадям записывают в специальный журнал. Фактические показатели по водоподаче и политой площади за каждые сутки сравнивают с плановыми и, если имеются отклонения от плана, устанавливают причины этих отступлений. Результаты поливов за каждый день диспетчер докладывает начальнику системы.

Контроль за выполнением планов водопользования и за использованием воды в хозяйствах возлагается на управление оросительной системы. Данные о количестве отпущенной хозяйствам воды сопоставляют с данными отчетов колхозов и совхозов о производстве поливов. В обязанность участковых гидротехников и водных объездчиков входит систематический объезд поливаемых площадей: они оценивают правильность выбора способов и элементов техники полива, следят за состоянием оросительной и дренажной сети, проводят контрольные замеры поливных норм. Особое внимание уделяют тому, чтобы не происходило затопления дорожной сети,

бережно использовалась оросительная вода (без сброса в коллекторно-дренажную сеть и утечки через сооружения).

Обнаруженные проверкой факты нарушения плана водопользования доводятся до сведения руководителей хозяйств и управления оросительной системы для немедленного принятия необходимых мер. Наиболее серьезные нарушения оформляют актом. При неоднократном и злостном нарушении планов водопользования руководителей хозяйств привлекают к административной ответственности.

Каждое хозяйство-водопользователь имеет право в любое время проверить правильность подачи ему воды и потребовать выполнения плана водоподачи, если это возможно по условиям водообеспеченности. Кроме того, хозяйство может отказаться от определенного количества воды без последующей его компенсации.

Основные показатели планового водопользования на системе. Оценка деятельности оросительных систем по водопользованию за год дается по показателям выполнения плана водозабора, равномерности распределения воды и подачи ее колхозам и совхозам. Немаловажное значение имеет коэффициент полезного действия каналов межхозяйственной сети и системы в целом, а также выполнение плана поливов и коэффициент использования воды в хозяйствах. Главным показателем успешного выполнения плана водораспределения является обеспечение плановой урожайности и валовых сборов сельскохозяйственных культур на орошаемых землях.

Выполнение плана водозабора определяется показателем:

$$\gamma = \frac{W_{ф}}{W_{пл}},$$

где $W_{ф}$ — фактический объем водозабора в оросительную систему;

$W_{пл}$ — плановый водозабор за то же время.

Равномерность распределения воды на системе и подача ее хозяйствам-водопользователям характеризуются соотношением:

$$\frac{Q'_{ф}}{Q'_{пл}} = \frac{Q''_{ф}}{Q''_{пл}} = \frac{Q'''_{ф}}{Q'''_{пл}} = \dots = \frac{Q^{n}_{ф}}{Q^{n}_{пл}}.$$

Здесь $Q'_{ф}$, $Q''_{ф}$, ..., $Q'_{пл}$, $Q''_{пл}$, ... — соответственно фактические и плановые расходы воды в узлах вододеления и в точках водовыдела в хозяйства.

Коэффициенты полезного действия оросительной системы определяют как отношение расхода воды нетто к расходу брутто или как произведение к.п.д. магистрального канала, межхозяйственной и внутрихозяйственной сети, то есть

$$\eta_{сист} = \eta_{м.к}\,\eta_{мх.с}\,\eta_{х.с},$$

где $\eta_{м.к}$ — к.п.д. магистрального канала;
$\eta_{мх.с}$ — к.п.д. межхозяйственной сети;
$\eta_{х.с}$ — к.п.д. внутрихозяйственной сети.

Фактический к.п.д. сравнивают с плановым.

Выполнение плана поливов анализируют по освоению физической площади в гектарах и по количеству гектаро-поливов. Показатель выполнения плана поливов определяют как отношение фактически политой площади к плановой за это же время.

Коэффициент использования воды (к.и.в.) равен отношению:

$$к.\ и.\ в. = \frac{P_{п}}{P_{в}} \cdot \frac{\eta_{ф}}{\eta_{пл}},$$

где $P_{п}$ — выполнение плана поливов по системе, %;
$P_{в}$ — выполнение плана подачи воды в систему, %;
$\eta_{пл}$ и $\eta_{ф}$ — плановый и фактический к.п.д. системы каналов.

Некоторые авторы рекомендуют к.и.в. на системе определять по формуле:

$$к.\ и.\ в. = \frac{\xi F}{W_{г}},$$

где ξ — полезное водопотребление растений на единицу площади;
F — орошаемая площадь системы;
$W_{г}$ — размер водозабора в голове системы.

При к.п.д. системы не менее 0,65—0,75 и к.и.в. на поле 0,85—0,9 коэффициент использования оросительной воды на системе равен 0,55—0,67.

Особенности планирования водопользования на рисовых системах. Отношением к воде и особенностями

агротехники возделывания рис резко отличается от других культур, выращиваемых при периодических поливах. Тысячелетиями его возделывают преимущественно при продолжительном затоплении поля слоем воды. Однако в практике рисосеяния применяют и другие водные режимы рисового поля. Вместе с тем все режимы орошения риса сводятся к двум типам:

возделывание риса со слоем воды;

периодические поливы риса.

При периодических поливах риса составление планов водопользования не отличается от ранее рассмотренного порядка планирования. Что касается возделывания риса со слоем воды, то при таком режиме орошения составление планов водоподачи имеет свои особенности.

При орошении риса затоплением выделяют два периода:

создание слоя воды в чеках;

поддержание слоя воды в чеках.

Наиболее напряженный период работы рисовых систем — создание слоя воды. В течение непродолжительного периода времени (10—15 суток) для создания слоя до 10 *см* необходимо подать 1000 $м^3$ воды на 1 *га* посевов риса. Кроме того, для насыщения почвогрунта в это время расходуется 1800—2500 $м^3/га$, то есть суммарный объем водоподачи достигает 2800—3500 $м^3/га$. Все это определяет и высокую ординату гидромодуля, которая может быть подсчитана по формуле:

$$q = \frac{W + 100h + 10\xi t - P}{86{,}4\ t},$$

где q — удельный расход, $л/сек \cdot га$;

W — объем воды, необходимый для насыщения почвогрунта, $м^3/га$;

h — слой воды в чеках, *см*;

ξ — среднесуточное испарение с водной поверхности, *мм*;

t — продолжительность затопления чеков, сутки;

P — сумма осадков за период насыщения, $м^3/га$.

Практически величина гидромодуля в период создания слоя воды достигает 3,5—4,0 $л/сек \cdot га$.

В период поддержания слоя воды гидромодуль водоподачи можно определить по зависимости:

$$q = 0{,}0116\,(\xi + \tau + \varphi),$$

где τ — среднесуточная транспирация растений, *мм*;
φ — среднесуточные потери воды на фильтрацию, *мм*.

При орошении риса с проточностью следует учитывать и размер сброса воды.

Расход воды, который необходимо подать в систему:

$$Q = \frac{q_{\text{р}} \alpha F^{\text{нт}}_{\text{сист}}}{1000\eta},$$

где Q — расход воды, *м³/сек*;
$q_{\text{р}}$ — гидромодуль риса, *л/сек·га*;
α — площадь, занятая посевами риса, *га*;
$F^{\text{нт}}_{\text{сист}}$ — площадь системы нетто, *га*;
η — к.п.д. системы каналов.

В целях ускорения затопления чеков и уменьшения потерь воды в этот период рекомендуется давать максимальные расходы, иногда даже форсированные. Как правило, в период затопления чеков на рисовых системах устанавливается очередность создания слоя воды — водооборот. После создания слоя воды динамика водоподачи на системах зависит от режима орошения риса.

Необходимость поддержания слоя воды в чеках в течение продолжительного периода затрудняет определение размера и динамики водоподачи. Поэтому на рисовых системах при планировании водопользования объем воды на весь оросительный период устанавливают по оросительной норме. Средняя оросительная норма риса в зависимости от условий возделывания и принятого режима орошения изменяется от 15 до 30 тыс. *м³/га*, а в отдельных случаях и больше. Размер водоподачи в разные периоды роста определяют по графику гидромодуля (рис. 10). Объем водоподачи для орошения сопутствующих культур рисового севооборота принимают с учетом режима орошения их и занимаемой площади.

Орошение риса проводится под руководством бригадира-рисовода по заявкам заведующего водопользованием хозяйства.

Заявки на воду составляют по следующей форме.

Заявка хозяйства на воду

Наименование водовыдела	Сельскохозяйственная культура	Площадь, *га*	Календарные сроки подачи воды		Расход воды в канале	к. п. д. внутрихозяйственной сети	Объем водоподачи	
			начало	конец			*л/сек*	$м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

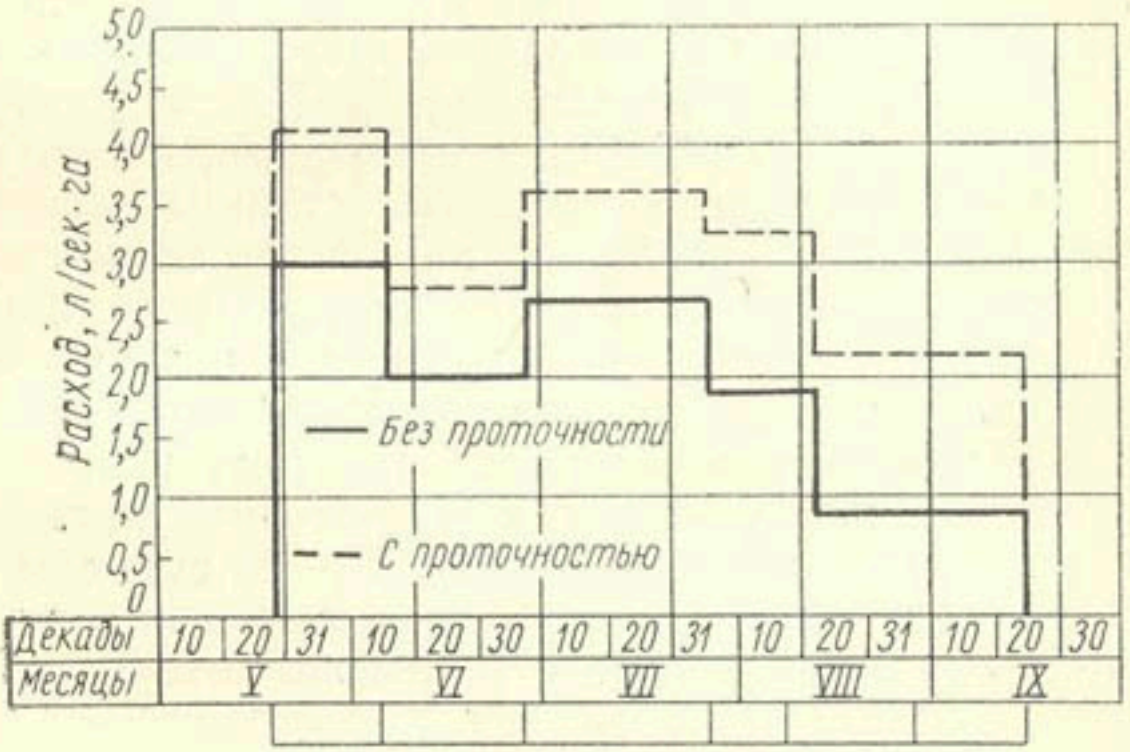


Рис. 10. График гидромодуля риса на Сарпинской низменности.

Использование сбросных вод. При возделывании риса вода в сбросную сеть начинает поступать с первых дней затопления чеков (горизонтальная фильтрация, проточность, периодические сбросы).

Объем сбросной воды зависит от природных условий, принятого режима орошения и уровня технической эксплуатации системы. По данным наших наблюдений, на засоленных землях Сарпинской низменности объем сброса колеблется в пределах 20—42% оросительной нормы. В отдельных случаях, по данным П. Я. Кречко, М. Д. Полякова и некоторых других исследователей, сброс на Самаркандской опытной станции, на Дону, составил свыше 60% оросительной нормы. Такой сброс вызывает значительное увеличение водоподачи и снижение коэффициента полезного использования воды. В связи

с этим немаловажное значение имеет использование сбросной воды.

В мировой практике использование сбросной воды, в особенности на рисовых системах, находит все более широкое применение. Благодаря этому на оросительных системах значительно улучшается водный баланс, повышается коэффициент использования воды, при тех же водных ресурсах расширяется площадь орошаемых земель.

В зависимости от рельефных условий сбросную воду для повторного использования подают самотеком или с помощью машинного водоподъема. На некоторых системах применяют комбинированную водоподачу: на одну часть площади вода поступает самотеком, на другую — с помощью перекачечных насосных станций.

Планирование орошения за счет использования сбросных вод имеет свои особенности. Практика показывает, что наполнение сбросных каналов до расчетных горизонтов происходит только после полного затопления чеков и насыщения почвогрунта. Поэтому разрыв между первичным использованием и повторной подачей воды (сбросной) на поля составляет 10—20 суток. В связи с этим начало поливов на землях, орошаемых сбросными водами,можно планировать с таким же интервалом времени.

При использовании сбросных вод для орошения риса или отодвигают на соответствующее время сроки сева на таких участках, или проводят затопление чеков одновременно с основной площадью за счет подпитывания сбросных каналов из оросительной сети. Так как площадь посева и площадь заготовления чеков увеличиваются постепенно, то в первоначальный период на оросительных системах, как правило, имеется в резерве некоторое количество воды, которое можно направлять на подпитывание сбросного тракта.

На Кубанской оросительной системе, по данным В. Б. Зайцева, за счет использования сбросных вод ежегодно орошается около 3 тыс. *га* посевов риса. Подача воды в чеки, орошаемые сбросными водами, выполняется комбинированно. Затопление сбросных каналов в первоначальный период осуществляется подпитыванием из магистрального канала, а в период поддержания слоя воды — сбросными водами основного массива орошения. Такой порядок водопользования хорошо согласуется с

режимом на р. Кубани, горизонты воды которой к концу лета заметно понижаются.

При решении вопроса о возможности использования сбросных вод для орошения необходимо учитывать степень их минерализации. Содержание растворимых солей в сбросной воде вследствие частичного испарения в чеках и смешения с минерализованной грунтовой водой значительно выше, чем при первоначальной подаче ее в чеки. Если в сбросной воде содержится солей больше 1,0—1,5 *г/л,* то применять ее для орошения нужно очень осторожно.

Оросительная вода при прохождении по чекам обычно сильно нагревается и поступает в сбросную сеть более теплой, чем поступает в чеки. Для понижения температуры сбросную воду смешивают с водой из оросительных или дренажных каналов. В жаркие дни сбросную воду на рисовые поля подают в ночное и утреннее время. Для предупреждения переноса водой семян сорняков Е. Б. Величко рекомендует водосбросную сеть зарыблять.

Возможная площадь орошения сбросными водами

$$F = \xi\eta\Omega,$$

где ξ — отношение гидромодуля сброса к гидромодулю водоподачи;

η — к.п.д. системы каналов повторного использования (сбросных) вод;

Ω — орошаемая площадь системы, *га.*

В период первоначального затопления значение ξ близко к нулю. В это время предусматривают подпитывание сбросной сети из оросительных каналов или отодвигают сроки сева. За расчетное принимают наименьшее значение ξ за оросительный период.

III. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

ПРИЧИНЫ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Борьба с засолением и заболачиванием почв является одной из важнейших народнохозяйственных проблем. Процессы засоления земель подробно рассматриваются в курсе почвоведения. Поэтому здесь освещены лишь некоторые из положений, связанных с засолением и заболачиванием орошаемых земель, и описаны основные эксплуатационные мероприятия по предупреждению этих процессов и восстановлению плодородия почв.

Как известно, наиболее существенным источником солей считаются осадочные породы, оставленные морем в виде пластов, соляных куполов или штоков. Подземные воды, растворяя соли осадочных пород, обогащаются ими. При соответствующих гидрогеологических условиях происходит капиллярный подъем и вынос соленых вод в поверхностные слои почвогрунтов. Испаряясь, эти воды оставляют здесь соли. Образование солей в почве за счет засоленных материнских отложений принято называть первичным засолением, а засоление земель за счет соленых подземных вод, поднимающихся по капиллярам к поверхности земли,—вторичным засолением. Вторичное засоление часто вызывается неправильным применением орошения.

Почвы, содержащие большое количество натрия в почвенном растворе (хлориды, сульфаты, карбонаты) и малое количество поглощенного натрия, называются солончаками. Они распространены главным образом в пониженных частях рельефа в условиях засушливого климата: в речных долинах, западинах, бессточных котлованах и т. д.

Почвы, содержащие очень мало солей в почвенном растворе и очень большое количество поглощенного натрия, называются солонцами.

В природе солонцовые и солончаковатые почвы находятся в определенной зависимости. При некоторых определенных условиях из солонцов могут образовываться содовые солончаки и, наоборот, при прекращении грунтового увлажнения и подъема солей наступает процесс рассоления солончаков и возможен переход их в солонцы.

Заболачивание земель происходит под влиянием избыточного увлажнения (пресными, слабо и сильно минерализованными водами).

Неправильное использование оросительных вод может ухудшить установившийся ранее гидрогеологический режим — вызвать поднятие уровня грунтовых вод близко к поверхности.

Интенсивность накопления и поднятия уровня грунтовых вод находится в прямой зависимости от количества поступившей излишней воды в грунт, что вызывается самыми разнообразными причинами. Наиболее существенные из них следующие:

завышенные поливные нормы;

низкий коэффициент полезного действия оросительных каналов;

завышенные объемы воды, подаваемой в оросительную систему в неполивной период для водоснабжения населенных пунктов и животноводства;

отсутствие коллекторно-дренажной сети или неудовлетворительная ее работа;

подъем уровня воды в источнике орошения вследствие подпоров, многоводности в отдельные годы и других причин.

Все это в общей сложности способствует поднятию грунтовых вод выше критической глубины и может привести к вторичному засолению почв.

Близкое залегание зеркала грунтовых вод к дневной поверхности может быть вызвано притоком подземных и поверхностных вод извне, подпором горизонтов воды в реках, выпадением большого количества осадков и другими причинами.

Зеркало грунтовых вод должно быть расположено ниже критического уровня, то есть глубина залегания зеркала должна превышать сумму высоты капиллярного

подъема грунтовых вод и толщины корнеобитаемого слоя почвогрунта. Критическая глубина грунтовых вод зависит от характера почвогрунтов (механического состава и структуры) и минерализации грунтовых вод. Для лессовых почв она колеблется от 3,5 до 1,7 *м*; при минерализации воды 5—7 *г/л* — 3—3,5 *м*, а при 1,5—3 *г/л* — 1,7—2,2 *м*. Наиболее опасны минерализованные воды, когда они залегают от поверхности земли на глубине менее 1,5—2 *м*.

Критическая глубина залегания грунтовых вод достигает наибольшей величины на пылеватых лессовых грунтах, наименьшей — на песках. При сильной минерализации грунтовых вод почвы засоляются преимущественно хлористым натрием, а при слабой минерализации вод засоление почв носит бикарбонатный и карбонатный характер, с образованием содовых солончаков.

Процесс засоления почвы протекает особенно интенсивно в зонах, где восходящие токи превышают нисходящие вследствие высокой интенсивности испарения воды с поверхности почвы. Это особенно опасно в условиях засушливых районов, где минерализация грунтовых вод с уменьшением глубины залегания закономерно возрастает. Для таких условий и тем более для территорий, имеющих очень слабый отток, следует иметь все необходимые данные для прогнозирования возможных изменений уровня грунтовых вод.

ВОДНЫЙ БАЛАНС ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Распространенным методом прогнозирования изменений уровня грунтовых вод является метод водного баланса, разработанный А. Н. Костяковым. Метод заключается в определении для отдельного земельного массива приходных и расходных компонентов водного баланса.

К приходным компонентам относятся:

водоподача $M_{бр}$, состоящая из объема воды, подаваемой на поля, и из всех видов потерь в каналах оросительной сети;

атмосферные осадки и конденсационные воды P;

приток грунтовых вод с выше расположенных территорий G;

приток поверхностных вод с соседних территорий V;

объем поступившей грунтовой воды в толщу почвогрунта по капиллярам K.

Расходные компоненты следующие:

испарение влаги почвой и транспирация растений E_0;

отток грунтовых вод за пределы территории массива O;

сток поверхностных вод V_0.

Запас влаги в толще почвогрунта между уровнем грунтовых вод и поверхностью земли в начале расчетного периода W относят в приходную часть, а запас воды в этой толще, соответствующий предельной полевой влагоемкости W_0, относят в расходную часть.

Приращение запаса влаги в толще почвогрунта в рассматриваемый период

$$\Delta W = M_{бр} + P + G + V + K + W - E_0 - O - V_0 - W_0.$$

На повышение уровня грунтовых вод поступит объем воды

$$\Delta G = W + \Delta W - W_0 \ м^3/га.$$

Подъем уровня грунтовых вод

$$\Delta H = \frac{\Delta G}{\rho 10000} м,$$

где ρ — дефицит заполнения грунта водой до полевой влагоемкости, который изменяется от 0,08—0,12 до 0,35—0,40 (в долях объема).

Из приходных компонентов водного баланса наиболее существенным является оросительная вода. Чем сильнее завышены поливные и оросительные нормы и ниже коэффициент полезного действия каналов, тем больше поступает воды на пополнение грунтовых вод.

Атмосферные осадки, приток и отток грунтовых вод при отсутствии дренажа эксплуатационными мероприятиями практически не регулируются и в большинстве случаев не оказывают существенного влияния на изменение баланса грунтовых вод. При правильной эксплуатации оросительных систем не должно быть и поступлений поверхностных вод извне.

Поэтому все эти компоненты можно в некоторых случаях не принимать в расчет.

При благоприятных гидрогеологических условиях территории оросительной системы баланс грунтовых вод

может быть составлен осенью на весь год, а при неблагоприятных — по отдельным периодам года.

Для установления внутригодовых изменений запасов воды водный баланс орошаемого массива составляют обычно для трех периодов: невегетационного, вегетационного и периода, когда проводится промывка засоленных земель.

Невегетационный период. Допустимый подъем уровня грунтовых вод или, наоборот, необходимое понижение рассчитывают следующим путем. Сначала определяют приращение запаса влаги в толще почвогрунта за расчетный период:

$$\Delta W_1 = \alpha_1 P_1 - E \ м^3/га,$$

где $\alpha_1 = 0{,}2-0{,}3$ — коэффициент использования осадков P_1;

E — суммарное испарение, обычно определяемое по формуле Н. Н. Иванова:

$$E = 0{,}018(25 + t)^2(100 - a).$$

Здесь E — испарение за месяц, *мм*; t — среднемесячная температура воздуха, °С; a — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Понижение или повышение уровня грунтовых вод

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta W_1}{\rho 10000} \ м.$$

Обозначения даны выше.

Вегетационный период. Приращение запаса воды в толще почвогрунта определяют по зависимости:

$$\Delta W_2 = \alpha_2 P_2 + M_{бр} - E_{вод},$$

где $\alpha_2 = 0{,}6-0{,}7$ — коэффициент использования осадков;

P_2 — атмосферные осадки, $м^3/га$;

$E_{вод}$ — суммарное водопотребление, равное испарению с земной поверхности плюс транспирация, $м^3/га$.

Объем воды, который поступит на повышение уровня грунтовых вод, составит:

$$\Delta G = (W_{нач} + \Delta W_2) - W_0 \ м^3/га,$$

где $W_{нач}$ — запас воды в расчетном слое почвогрунта в начале периода, *м³/га*;

ΔW_2 — приращение запаса воды за период, *м³/га*;

W_0 — потенциальная влагоемкость, *м³/га*.

Суммарное водопотребление $E_{вод}$ обычно принимают по имеющимся экспериментальным данным научно-исследовательских институтов и опытных станций. Если таких данных нет, водопотребление определяют на основе метеорологических и геофизических показателей, а также эмпирических коэффициентов.

В СССР методы для расчета водопотребления были предложены И. А. Шаровым, Т. Н. Преображенским, М. И. Будыко, А. М. Алпатьевым и др. Из зарубежных методов популярен метод Блейни-Криддла (США).

Испарение с поверхности почвы с поливных и неполивных земель и транспирацию, по И. А. Шарову, рекомендуется определять в зависимости от площадей орошения, их состояния и внешних климатических условий по формуле:

$$K = \frac{\Sigma t l_1 \omega_п + \Sigma t l_2 \omega_{нп}}{\omega_в} \text{ м}^3,$$

где t — средняя суточная температура за данный период времени;

$\omega_п$ — поливная площадь системы или участка;

$\omega_{нп}$ — неполивная площадь;

$\omega_в$ — общая валовая площадь;

l_1 — модуль испарения с поливных площадей, *м³* на 1° и 1 *га*;

l_2 — модуль испарения с неполивных площадей, *м³* на 1° и 1 *га*.

Примерная величина модуля для поливных земель составляет при высокой урожайности и хорошей технике полива 2,2—2; при средней урожайности и удовлетворительной технике полива — 2,0—1,8; при низкой урожайности и плохой технике полива — 1,6—1,4.

Для неполивных земель модуль колеблется в пределах:

при затоплении поверхностными водами 2,5—3,0;

при подтоплении грунтовыми водами 2,5—3,0; при затоплении грунтовыми водами 2,0—2,5.

Для свободных земель при глубине залегания грунтовых вод z модуль $l_2 = 2{,}5\left(1 - \frac{z}{H_{кр}}\right)$,

$H_{кр}$ — предельная высота капиллярного поднятия, которую принимают для песков, гравелистых грунтов, структурных почв 1,5 *м*; для средних и легких суглинков и лесса — 2; для тяжелых суглинков — 3 *м*. При расположении зеркала грунтовых вод глубже 3 *м* от поверхности капиллярное поднятие воды в расчет не вводят.

Период промывки засоленных почв. Приращение запаса воды в толще почвогрунта за этот период

$$\Delta W_3 = P_3 + M_{пром} - E_2,$$

где P_3 — атмосферные осадки, *м³/га*;

$M_{пром}$ — промывная норма со всеми видами потерь воды в каналах, *м³/га*;

E_2 — суммарное испарение, которое может быть определено по формуле Иванова (см. выше).

На пополнение грунтовых вод поступит объем

$$\Delta G = W_{нач} + \Delta W_3 - W_0 \ м^3/га.$$

Подъем грунтовых вод

$$\Delta H_3 = \frac{\Delta G}{\rho 10\,000} \ м.$$

Детальное изучение составных элементов баланса грунтовых вод, установление изменений их по годам и характерным периодам в течение года позволяют установить главные причины поднятия уровня грунтовых вод и определить направление эксплуатационных мероприятий по улучшению гидрогеологического режима.

В целях изучения гидрогеологического режима массива в каждом хозяйстве должны быть организованы систематические наблюдения за динамикой уровня грунтовых вод и их минерализацией. Для этого закладывают пьезометрические (смотровые) колодцы по определенным створам орошаемого массива или на каждом поле севооборота. На основании данных наблюдений составляют график колебаний уровня грунтовых вод. Сравнивая графики колебаний текущего года и предыдущих лет, устанавливают характер изменения гидрогеологического режима и в соответствии с этим намечают мероприятия.

Данные наблюдений за колебанием уровня грунтовых вод позволяют ориентировочно определить общий

объем воды, поступившей в грунтовый поток. По И. А. Шарову, этот объем воды

$$M = \omega h \beta \ м^3,$$

где ω — площадь зеркала грунтовых вод;
h — амплитуда колебаний грунтовых вод;
β — показатель отдачи грунта, принимаемый в пределах 10—15% общего объема грунта (ωh).

Контроль за режимом грунтовых вод ведут и за пределами орошаемого массива по специальным створам, заложенным от линии водораздела до источника. Все скважины связывают нивелирными ходами. В вегетационный период замеры выполняют один раз в пятидневку, а в остальное время — раз в декаду.

На участке, где почвы подвержены засолению, проводят также наблюдения за динамикой солевого режима в активном слое почвы.

Учет засоленных и заболоченных земель рекомендуется проводить летом (один раз в год), когда степень засоленности или заболоченности отдельных участков можно ориентировочно определить по состоянию растительности и выцвету солей на поверхности.

Для сильнозасоленных почв характерны явно выраженные выцветы солей и сильная (до 50% и более) изреженность растительного покрова; к среднезасоленным относят земли, если растительный покров изрежен на 30—50% и на поверхности выцветы солей; слабозасоленными считают земли, на которых растительный покров изрежен на 10—30% и имеются отдельные пятна выцвета солей.

Степень заболоченности различают в зависимости от глубины залегания грунтовых вод; при глубине до 1 *м* — первая степень, при глубине от 1 до 2 *м* — вторая. При расположении зеркала грунтовых вод глубже 2 *м* земли считаются незаболоченными.

Степень засоленности почвогрунтов определяют по химическому анализу (табл. 10).

Допустимое содержание солей в активном слое почвы зависит от механического состава, влажности и содержания гумуса. На легких хорошо увлажненных и более богатых гумусом почвах допустимое количество солей для одной и той же культуры повышается.

Солеустойчивость культурных растений различна и колеблется в широких пределах. Наиболее солеустойчи-

Таблица 10

Степень засоленности почвы по химическому анализу

Степень засоленности	Плотный остаток, %	Хлор, %
Сильная	2—3	<0,1
	0,3—1	>0,1
Средняя	1—2	<0,1
	0,3—1	0,01—0,1
Слабая	0,3—1	<0,1
	<0,3	0,01—0,1

Примечание. Земли с плотным остатком свыше 3% и количеством хлора более 0,1% являются солончаками и относятся к разряду непригодных для орошения (без специальных почвенных мелиораций).

выми культурами (солеустойчивость растений 0,6—0,8% по весу) являются капуста, сорго, свекла и другие корнеплоды, менее солеустойчивыми (0,01 до 0,42%) — пшеница, овес, просо, горох, люцерна, хлопчатник египетский. Среднее положение по солеустойчивости (0,4—0,6%) занимают ячмень, рожь, тимофеевка, ежа сборная и др. В практике солеустойчивость находят опытным путем.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАСОЛЕНИЯ И ЗАБОЛАЧИВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

В целях предупреждения засоления и заболачивания почв проводят агротехнические, лесомелиоративные и эксплуатационно-ирригационные мероприятия.

Агротехнические и лесомелиоративные мероприятия снижают испарение влаги с земной поверхности и уменьшают капиллярный подъем воды. Применение правильных севооборотов и более совершенной обработки почвы, а также внесение органических и минеральных удобрений способствуют созданию структуры почвы — одного из главных условий уменьшения капиллярного подъема грунтовой воды. Снижение испарения влаги с земной поверхности достигается послеполивной обработкой почвы (при возделывании широкорядных культур) и посад-

кой защитных лесополос. Все это в общей сложности предотвращает миграцию солей из нижних горизонтов в верхние, снижает непроизводительные затраты оросительной воды, удлиняет межполивные периоды, сокращает число поливов, повышает коэффициент полезного использования оросительной воды, улучшает водно-воздушный, пищевой и тепловой режимы.

Эксплуатационно-ирригационные мероприятия делятся на системные и внутрихозяйственные.

Системные мероприятия направлены на строгое выполнение планов водопользования и повышение коэффициента полезного действия по всем общесистемным каналам путем борьбы с потерями воды в них, недопущение пуска излишней воды в каналы.

Внутрихозяйственные мероприятия охватывают более широкий круг вопросов. Основными из них являются: строгое соблюдение установленного поливного режима сельскохозяйственных культур и повышение коэффициента полезного действия внутрихозяйственной оросительной сети; применение более современной техники полива, обеспечивающей высокий коэффициент полезного использования воды; недопущение затоплений орошаемых земель; устранение последствий засоления и заболачивания земель; обеспечение своевременного отвода воды при ремонтных работах, авариях; организация сброса паводковых вод через соответствующие сбросные устройства; обеспечение бесперебойной работы коллекторно-дренажной сети; более полное использование дренажной способности орошаемого массива (усиление работы естественных дрен, создание искусственных дренажных сооружений).

Разработку мероприятий по понижению уровня грунтовых вод обычно начинают с установления причин, вызывающих неблагоприятные гидрогеологические условия массива.

Для улучшения гидрогеологического режима прежде всего усиливают естественный дренаж и снижают приходную часть водного баланса. Если этого недостаточно, предусматривают специальные дренажные устройства — горизонтальную дренажную сеть или вертикальный дренаж (трубчатый колодец).

В практике чаще применяют горизонтальный дренаж. Дрены-собиратели могут быть открытыми и закрытыми. Закрытая система во всех отношениях луч-

ше открытой: не затрудняет механизацию сельскохозяйственных работ; повышает коэффициент полезного использования земли по сравнению с открытой; легче в эксплуатации. Для устройства дрен используют гончарные или пластмассовые трубы. Коллекторы как межхозяйственные, так и внутрихозяйственные делают открытыми. Дрены и коллекторы прокладывают на некотором расстоянии от каналов оросительной сети по наиболее низким отметкам рельефа.

При больших уклонах местности дрены выгоднее устраивать (в целях обеспечения двухстороннего дренирования) перпендикулярно изогипсам, а при малых уклонах и медленном потоке грунтовых вод возможно и продольное и поперечное расположение дрен. Глубину закладки дрен в зависимости от их назначения (борьба с заболачиванием, отвод воды при промывке засоленных почв, улучшение водного и солевого режимов в активном слое почвы) и гидрогеологических условий принимают 2—3,5 *м*.

Чтобы усилить дренажный сток и ускорить вынос солей при промывке засоленных почвогрунтов с низким коэффициентом фильтрации, кроме глубоких, устраивают мелкие дрены — глубиной 1—1,2 *м*. Их располагают в междренье (середина) глубоких дрен. Мелкий дренаж работает в основном во время промывки. Сочетание мелких и глубоких дрен повышает дренажный модуль и позволяет применять большие промывные нормы, обеспечивающие эффективное рассоление почвогрунтов.

Если постоянного притока грунтовых вод не наблюдается, мелкие дрены устраивают в виде открытых временных каналов, которые нарезают в осенний период перед промывками и заравнивают перед весенними полевыми работами.

Для усиления дренажного стока на тяжелых почвогрунтах между мелкими дренами (открытыми или закрытыми) устраивают кротовые дрены с расстоянием между ними не более 10 *м*.

Расстояние между глубокими дренами зависит от глубины заложения, водопроницаемости почвогрунтов и гидрогеологических условий. С. Ф. Аверьянов рекомендует следующие расстояния между дренами в однородных грунтах при глубине заложения дрен 3 *м*: для тяжелых суглинков с коэффициентом фильтрации 0,5 *м/сутки* — 300 *м*; для суглинков и тяжелых супесей

с коэффициентом фильтрации 1—3 *м/сутки* — 300—500 *м*; для легких суглинков и супесей с коэффициентом фильтрации 3—10 *м/сутки* — 500—800 *м*.

Расстояние между мелкими дренами принимают: на легких почвах — 70—90 *м*, средних — 40—60, тяжелых — 20—30 *м*. При устройстве кротовых дрен расстояние между временными дренами может быть увеличено до 80—100 *м*.

Вертикальный дренаж представляет собой глубокие трубчатые колодцы, из которых откачивается грунтовая вода насосами. Экономически применение его целесообразно, если удельный приток воды на 1 *м* глубины колодца намного больше удельного притока в горизонтальную дрену. Это имеет место в тех случаях, когда почва подстилается мощной легководопроницаемой толщей грунта.

Вертикальный дренаж обеспечивает забор воды из глубоких водоносных напорных горизонтов, перекрытых слабопроницаемыми породами, что обусловливает снижение напора и предотвращает восходящие в почве потоки подземных вод. Откачиваемые в большом количестве из колодцев слабоминерализованные подземные воды могут быть использованы для орошения сельскохозяйственных культур. Такой тип дренажа не препятствует механизации полевых работ и повышает коэффициент земельного использования по сравнению с горизонтальным.

Глубину колодцев в зависимости от гидрогеологических условий принимают от 20 до 100 *м*. Расход воды при откачке составляет 60—100 *л/сек*. В условиях Голодной степи одна вертикальная скважина глубиной 60—100 *м* обслуживает около 100 *га* орошаемых земель, при соответствующих гидрогеологических условиях одна скважина может обслужить до 250 *га*. Радиус действия колодца при дебите скважины более 50 *л/сек* может достигать 500—600 *м*.

На 1 *га* строительные затраты составляют: по открытому горизонтальному дренажу — 273 руб., закрытому горизонтальному — 305 руб., вертикальному — 120—160 руб.

Вертикальный дренаж экономически особенно выгоден при сочетании двух мероприятий — борьбы с избыточным увлажнением земель и использования откачиваемой воды на орошение. Стоимость эксплуатационных

затрат, отнесенных на понижение уровня грунтовых вод, в этом случае значительно уменьшается.

Опреснение почвогрунтов с помощью вертикального дренажа достигается при длительной эксплуатации колодца. Для более интенсивного первоначального опреснения почвогрунтов и грунтовых вод при капитальной промывке вертикальный дренаж дополняют открытым горизонтальным дренажем, который после промывок и опреснения почвогрунтов ликвидируют.

Для восстановления плодородия засоленных почв, занимающих в общем фонде орошаемых земель значительную часть, требуются специальные плановые мероприятия по их освоению (промывка почв, посев люцерны и др.).

ПРОМЫВКА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

Солеустойчивость культурных растений колеблется в широких пределах. Все же для большинства культур принято считать недопустимым содержание хлора в почвогрунтах более 0,1% и легкорастворимых вредных солей — более 0,3%.

Рассоление слабозасоленных почв может быть достигнуто выполнением комплекса агротехнических мероприятий, а сильнозасоленных — промывкой.

В районах Средней Азии промывку проводят при содержании солей в 1,5-метровой толще почвогрунтов не менее 0,8—1,2%. Промывные нормы обычно рассчитывают на опреснение верхнего метрового слоя почвогрунта — в пределах активного слоя почвы для основных сельскохозяйственных культур. Однако многочисленные данные свидетельствуют о том, что для обеспечения устойчивого рассоления необходимо опреснить не только верхний корнеобитаемый слой, но и определенную толщу подстилающих грунтов и грунтовых вод. Промывку в этом случае выполняют в два этапа: опреснение корнеобитаемого слоя до оптимальной величины, второй — опреснение грунтовых вод. Промывные нормы принимают с таким расчетом, чтобы обеспечивалось рассоление толщи грунтов в 3—4 *м*. Глубокая коренная промывка засоленных земель возможна в том случае, если коэффициент фильтрации почв высокий — более 2 *м/сутки* и имеется дренаж или грунтовые воды расположены глубоко.

Растворимые соли, вымываясь из промываемой толщи грунта, поступают в грунтовые воды, которые с помощью естественного оттока или искусственного дренажа выносятся за пределы мелиорируемого массива. С рассолением грунтов постепенно опресняются и грунтовые воды. Глубокая промывка и последующая высокая культура земледелия исключают процесс реставрации засоления.

Если отвод грунтовых вод за пределы мелиорируемых территорий не обеспечен, то общее количество солей, содержащихся в почвогрунтах и грунтовой воде, после промывки не уменьшается, а происходит лишь их перераспределение в толще почвогрунта — верхние горизонты опресняются, а нижние за счет этого, наоборот, засоляются еще больше. В этом случае при подъеме грунтовых вод и неблагоприятных почвенно-геологических условиях возможна реставрация засоленных почв.

Рассоление земель может проводиться двумя способами: путем ежегодных промывок при умеренных нормах и путем форсированной промывки с большой нормой. В первом случае процесс рассоления протекает медленно и не во всей аэрированной толще почвогрунтов. Во втором случае полное рассоление слоя аэрации и частичное опреснение грунтовой воды может быть достигнуто в течение одного сезона (4—6 месяцев).

Глубокая промывка засоленных земель очень хорошо сочетается с рисосеянием. Выращивание риса в условиях постоянного затопления обеспечивает коренную промывку засоленных земель.

Нормы промывных поливов зависят от глубины промываемой толщи почвогрунта и степени ее засоленности и солонцеватости; обычно принимают 1,5—10 тыс. *м*³/*га*.

Для определения промывной нормы существует ряд формул. Однако в практике применяют формулу В. Р. Волобуева:

$$M_{\text{пром}} = K \lg \left(\frac{S_1}{S_0}\right)^{\alpha} м^3/га,$$

где $M_{\text{пром}}$ — промывная норма, *м*³/*га*;

S_1 — содержание солей в промываемой толще, % или *г*/*л*;

S_0 — допустимое содержание солей в тех же единицах;

α — угловой коэффициент, соответствующий прямой на полулогарифмическом графике;
K — коэффициент пропорциональности (при расчете промывной нормы в *м³/га* он равен 10 000).

Показатель степени α отражает характер засоления почв и их механический состав и в зависимости от химического и механического состава промываемого почвогрунта изменяется в следующих пределах:

для глинистых и суглинистых почв с пониженной солеотдачей — от 1,226 (хлоридный, 40—60% от плотного остатка) до 1,78 (сульфатно-натриево-кальцевый);

для среднесуглинистых — соответственно от 0,92 и до 1,48;

для почв легкого механического состава — соответственно от 0,62 до 1,18.

Формула Л. П. Розова имеет вид:

$$M_{\text{пром}} = П - m + nП \ м^3/га,$$

где $П$ — запас воды в толще промываемого почвогрунта, соответствующий предельной полевой влагоемкости, *м³/га*;
m — запас воды перед промывкой, *м³/га*;
n — коэффициент, определяющий количество воды, которое необходимо для вытеснения раствора солей. В зависимости от количества солей и характера солеотдачи почвы он изменяется от 0,5 до 1,5; определяется опытным путем.

Промывная норма слагается из двух компонентов: $П - m$ — объема воды, необходимого для доведения влажности в расчетной толще почвогрунта до предельной полевой влагоемкости, и $nП$ — объема воды, расходуемого собственно на промывку солей в нижележащие горизонты. Второй объем можно определить из равенства:

$$nП = (C - W)h\,10\,000 \ м^3/га,$$

где C — общая порозность почвогрунта, % от объема;
W — предельная влагоемкость почвы вне сферы влияния грунтовых вод, % от объема;
h — допустимая высота поднятия грунтовых вод, *м*.

С. В. Астаповым, В. А. Ковдой, А. Н. Костяковым, В. М. Легостаевым и другими была предложена следующая зависимость для определения промывной нормы:

$$M_{\text{пром}} = 100\,H\alpha\left\{(\beta_0 - \beta) + \frac{S_1 - S_2}{K}\right\} м^3/га,$$

где H — глубина промывания почвогрунта;
α — вес единицы объема почвы;
β_0 — предельно полевая влагоемкость почвы, % по весу;
β — влажность почвы в момент промывки, % по весу;
S_1 — содержание солей до промывки, % по весу;
S_2 — содержание солей после промывки, % по весу;
K — коэффициент вытеснения, или вымыва, солей по весу на 1 $м^3$ воды; зависит от физических свойств почвы, глубины залегания зеркала грунтовых вод, содержания и характера солей.

В. А. Ковда рекомендует также определять промывную норму по зависимости:

$$У = n_1 n_2 n_3\,400x \pm 100,$$

где $У$ — слой промывной воды, *мм*;
x — среднее содержание солей в слое почвы 0—2 *м*, %;
n_1 — коэффициент, зависящий от механического состава почвогрунта (для песков 0,5; для суглинков 1; для глины 2);
n_2 — коэффициент влияния глубины залегания грунтовых вод (при глубине $H > 7$—10 *м* $n_2 = 1$; при $H = 5$ *м* $n_2 = 1{,}5$; при $H < 1{,}5$—2 *м* $n_2 = 3$);
n_3 — коэффициент, учитывающий минерализацию грунтовых вод (для средне- и маломинерализованных грунтовых вод $n_3 = 1$; для сильноминерализованных $n_3 = 2$; для рассолов $n_3 = 3$).

И. Ф. Музычук предложил определять промывную норму для бездренажных условий по формуле:

$$N = M - m + \frac{H - h}{z}\,10\,000,$$

где N — промывная норма, $м^3/га$;

M — запас влаги в промываемом слое при полевой влагоемкости, $м^3/га$;

m — запас влаги в промываемом слое перед промывкой, $м^3/га$;

H — глубина залегания грунтовых вод, $м$;

h — допустимая глубина залегания грунтовых вод после промывки, $м$;

z — отношение высоты поднятия уровня грунтовых вод $H - h$ к мощности слоя воды, необходимого для поднятия уровня грунтовых вод на эту высоту.

Величина z соответствует примерно свободной порозности почвогрунта или разности между полной и полевой влагоемкостью промываемого слоя почвы.

Если дренажного оттока нет, можно применить небольшие промывные нормы. В таких условиях промывку проводят несколько лет подряд на фоне высокой агротехники и внесения повышенных доз органических удобрений. В результате разложения навоза и под действием образующихся органических кислот выделяется углекислый газ, который повышает растворимость солей. Поэтому по унавоженному полю интенсивность промывки солей повышается.

Средне- и сильнозасоленные почвогрунты в один прием не могут быть промыты, так как в этом случае потребовалась бы очень высокая промывная норма. Для повышения рассоляющего действия промывной нормы промывку проводят в несколько приемов. Норму первого полива устанавливают из расчета увлажнения промываемой толщи почвогрунта до предельной полевой влагоемкости. Нормы последующих поливов могут быть одинаковыми.

Число поливов зависит от степени засоления почвогрунтов. При сильном засолении промывку проводят в 3—4 приема. Интервалы между поливами принимают 3—5 суток, на легких почвах — 1—2 суток.

Водорастворимые соли нельзя удалять из почвы полностью, так как составляющие их ионы в соответствующих количествах необходимы как для питания растений, так и для структурообразования почв. Лучшее время для промывки — осень и зима (до наступления сильных морозов). В этот период грунтовые воды залегают глубже от поверхности и испарение влаги почвы намного снижается, уменьшается потребление воды на

орошение, сокращается объем сельскохозяйственных работ, поэтому без ущерба для других полевых работ может быть выделена техника для подготовки полей к промывке.

Несоблюдение установленных сроков промывок приводит к нежелательным последствиям. Например, промывка в поздние сроки задерживает весенние сельскохозяйственные работы, а в ранние сроки — вызывает потери воды на испарение.

Нередко промывные поливы совмещают с влагозарядковыми под озимые культуры. В этих случаях сроки промывок целесообразно приурочивать к оптимальным срокам посева этих культур.

В тех случаях, когда для выполнения промывок осенне-зимнего периода недостаточно, проводят ранневесеннюю промывку наиболее легких по механическому составу почв.

При промывке солонцовых почв с содержанием натрия в поглощенном комплексе свыше 10% емкости поглощения требуется предварительная химизация почвы. Химизацией достигается замещение натрия в поглощенном комплексе почвы кальцием. Реакция протекает по следующей схеме: Na (почва) $+CaSO_4 = Ca$ (почва) $+ +Na_2SO_4$. Соли сернокислого натрия хорошо промываются. Норму внесения гипса рассчитывают по уравнению обменной реакции с учетом количества кальция в почве.

Расчет нормы промывки аналогичен рассматриваемому выше для солончаковатых почв.

Наиболее приемлемый способ промывки засоленных почв — затопление чеков. Размер чеков обычно принимают от 0,10 до 0,50 *га*. Валики таких чеков нарезают палоделателем или плантажным плугом за проход вперед и назад всвал. Стыки продольных и поперечных баликов заделывают бульдозером. При устройстве мелких дрен (0,8—1,0 *м*) на период промывки отвалы служат валиками чеков. Чек чаще заполняют водой отдельно, реже — перепуском воды из чека в чек. В последнем случае нормы промывки получаются больше, технически полив сложнее, эффективность промывки ниже.

На тяжелых почвах, при спокойном рельефе местности и небольших уклонах (менее 0,003), в последнее время начинают применять затопление укрупненных чеков площадью до 10 *га*, а в некоторых случаях и

больше. Такие чеки устраивают, например, в Южном Заволжье, в Сарпинской низменности, Узбекской ССР, Закавказье и других районах страны. Поперечные валы чеков обычно располагают параллельно горизонталям местности. Расстояние между ними принимают:

$$l = \frac{H - h}{i} = \frac{\Delta h}{i},$$

где l — расстояние между валами, *м*;
i — уклон поверхности участка;
H — толщина слоя воды у напорной стороны вала, *м*;
h — толщина слоя воды в наивысшей точке чека, *м*.

Средняя глубина воды в чеке

$$h_{ср} = \frac{H + h}{2} \text{ м}.$$

Высоту валов рассчитывают с запасом над максимальным горизонтом воды в чеке в пределах 20—30 *см*.

При одностороннем уклоне продольные и поперечные валы располагают под прямым углом, то есть чеки имеют прямоугольную форму. При двухстороннем уклоне поперечные валы располагают по направлению горизонталей местности под углом к дренам; в этом случае чеки могут быть непрямоугольной формы.

Перед промывкой проводят глубокую вспашку поля с последующей планировкой поверхности чека. Объем поступающей в чек воды должен строго соответствовать установленной промывной норме. Удельный поливной расход воды в чек в зависимости от водопроницаемости почв составляет от 50 до 100 *л/сек* и более на один гектар площади. Промывку лучше начинать с чеков, расположенных выше по уклону. При наличии дрен промывка солей более эффективна, если ее начинать с середины участка между дренами. В этом случае пресная вода вытесняет соленую от середины участка к дренам.

Стоимость промывки по укрупненным чекам примерно в два раза меньше, чем по цепочкам чеков.

Опыт выращивания хлопчатника на промытых землях показывает, что при соблюдении высокой агротехники даже в первый год после промывки можно получать урожай хлопка более 27 *ц/га*.

Промывка засоленных земель с одновременным возделыванием риса обеспечивает урожай его до 40—50 *ц/га*. Доход от урожая риса окупает все затраты по мелиорации земель (включая и строительство дренажа) в течение одного года.

В Сарпинской низменности (северная часть Прикаспийской низменности) в результате двухлетнего возделывания риса при постоянном затоплении чеков содержание солей в 3-метровой толще засоленных почв уменьшилось в 2—3 раза. Урожай риса на этих полях достигал 60—65 *ц/га*, что позволяло получать чистый доход свыше 700 руб. с гектара.

После промывки во избежание повторного засоления земель необходимо применение системы агротехнических мероприятий, обеспечивающей снижение испарения воды почвой. Действенным средством является содержание почвы в рыхлом состоянии и прикрытие поверхности почвы зеленой массой растений.

Для предупреждения поднятия уровня грунтовых вод большое значение имеет содержание коллекторно-дренажной сети (от дрен до водоприемника) в рабочем состоянии. Особенно это важно в период промывки засоленных земель, так как количество поступающих грунтовых вод в дрену определяется разностью отметок зеркала грунтовых вод и горизонта воды в дрене, и чем больше эта разность, тем интенсивнее поступление. При сильном повышении горизонта воды в коллекторно-сбросной сети действие ее практически прекращается.

IV. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ И ДРЕНАЖНО-СБРОСНОЙ СЕТИ

СОДЕРЖАНИЕ КАНАЛОВ И СООРУЖЕНИЙ

Внутрихозяйственная оросительная сеть предназначена для забора воды из источника орошения или межхозяйственных распределителей, транспортирования и распределения ее между производственными подразделениями одного хозяйства. С помощью внутрихозяйственной оросительной сети в соответствии с хозяйственным планом водопользования осуществляется подача воды на поливные участки.

В состав внутрихозяйственной части оросительной системы (рис. 11) входят:

источник водозабора или точки водовыдела из межхозяйственной сети;

распределительные каналы и их ветви — для подачи и распределения воды между севооборотными и бригадными участками;

участковые каналы — для распределения и подачи воды во временные оросители и другую распределительную сеть;

временные оросители, выводные борозды, переносные транспортирующие и распределительные трубопроводы, поливные борозды, полосы, дождевальные машины — для распределения оросительной воды на поливных участках;

водовыпуски, перегораживающие сооружения, перепады и быстротоки на каналах;

сбросные каналы, коллекторы и дрены — для опорожнения оросительной сети от воды и отвода излишних поверхностных и грунтовых вод за пределы территории хозяйства;

дороги и переезды, лесные полосы и насаждения, средства связи;

пруды и водоемы хозяйственного значения;

водомерные устройства, приборы и приспособления — для учета и распределения воды.

Эксплуатацию внутрихозяйственной и коллекторно-дренажной сети с сооружениями на них осуществляют хозяйства-водопользователи.

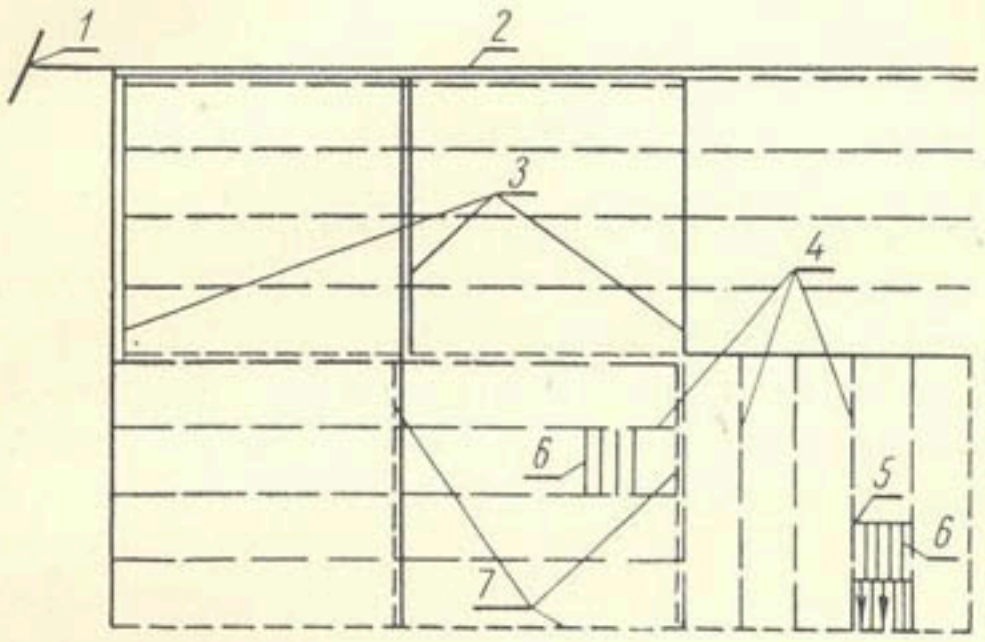


Рис. 11. Схема внутрихозяйственной оросительной сети:

1 — водовыдел в хозяйстве; *2* — хозяйственный канал; *3* — участковые распределители; *4* — временные оросители; *5* — выводные борозды; *6* — поливные борозды (полосы); *7* — сбросные каналы.

Внутрихозяйственная часть оросительных систем делится на постоянную и временную. К постоянной относятся хозяйственные каналы и их ветви и участковые распределители. Удельная протяженность каналов внутрихозяйственной оросительной сети в нашей стране составляет примерно 24 *м* на 1 *га* орошаемой площади, а каналов межхозяйственной сети — 8 *м* на 1 *га*. Временную оросительную сеть нарезают перед поливами и заравнивают после их проведения.

В зависимости от устройства и назначения оросительной сети сооружения на ней могут быть и постоянные и временные (переносные). Каналы постоянной сети, как правило, оборудуют постоянными сооружениями — водовыпусками, перегораживающими, проводящими и сопрягающими сооружениями, узлами вододеления. В 1966 г. на каждые 1000 *га* орошаемой площади приходилось в

среднем 28 постоянных гидротехнических сооружений, в 1967 г. — 34. К временным сооружениям относятся переносные транзитные или глухие щитки, водомерные насадки, сифоны, поливные и водовыпускные трубки.

Технический надзор за состоянием каналов и сооружений. Нормальная работа каналов и сооружений внутрихозяйственной части оросительных систем возможна при тщательной подготовке их к началу поливного сезона, последующем проведении работ по уходу и постоянному надзору за их работой. В соответствии с этим эксплуатационные работы по содержанию оросительной сети сводятся к наблюдению за состоянием каналов и сооружений, обеспечению охраны от повреждений, проведению необходимых ремонтных работ. Средние показатели удельных затрат на эксплуатацию внутрихозяйственной сети для различных зон страны при средней технической оснащенности ее гидросооружениями (35 штук на 1000 *га* орошаемых земель) и удельной протяженности каналов приведены в таблице 11.

Таблица 11

Средние показатели удельных затрат на эксплуатацию постоянной внутрихозяйственной сети оросительных систем

Виды затрат	Удельная протяженность каналов, *м/га*	Затраты, *руб/га*
Содержание гидросооружений на открытой сети	—	0,40
в том числе текущий ремонт	—	0,20
Очистка открытой оросительной сети:		
долинные системы РСФСР, Украинской ССР, Молдавской ССР, республик Закавказья	22	2,32
долинные и дельтовые системы республик Средней Азии	21	5,15
предгорные и горные системы во всех республиках	19	1,90
Содержание открытой оросительной сети (лотки) с сооружениями	—	11,30
в том числе текущий ремонт	—	6,80
Содержание закрытой оросительной сети (трубопроводы)	—	9,48
в том числе текущий ремонт	—	5,00
Содержание и очистка открытой коллекторно-дренажной сети	10	3,50
Эксплуатационная промывка засоленных земель	—	6,57

Основной показатель нормального технического состояния и правильной работы внутрихозяйственной оросительной сети — обеспечение расчетной пропускной способности каналов.

При наполнении каналов до расчетных горизонтов скорость движения воды должна быть в допустимых пределах, а расход их не ниже пропускной способности. Для этого на контрольных участках измеряют живое сечение потока ω (в $м^2$), скорость v (в $м/сек$), уклон поверхности воды i и смоченный периметр P (в $м$) и по этим данным определяют фактический расход воды в канале $Q_ф$ (в $м^3/сек$):

$$Q_ф = \omega v.$$

Затем фактический расход воды в каналах сравнивают с расчетной пропускной способностью, подсчитываемой по формуле $Q_р = \omega C \sqrt{Ri}$. Если фактическая пропускная способность соответствует расчетной — техническое состояние каналов хорошее; при отклонении расходов на 20—25% — среднее; при отклонении >25% — ниже среднего. При плохом состоянии русла пропускная способность канала снижается в 2 раза и более.

Динамическая ось потока не должна иметь заметных отклонений от оси канала. Предельные скорости движения воды в каналах, принимаемые не более 0,9 критической скорости на размыв, допускают в исключительных случаях (не более 20% рабочего времени в течение года). В первый год эксплуатации работа каналов на предельных скоростях не разрешается.

Минимальная скорость движения воды в каналах должна быть не менее половины допустимой скорости на размыв и выше 0,3 *м/сек*.

При пропуске форсированных расходов ($Q<1$ $м^3/сек$) превышение дамб над горизонтом воды в каналах принимают не менее 0,2 *м*. В каналах с расходом воды от 1 до 10 $м^3/сек$ сухой запас над максимальным горизонтом воды увеличивают до 0,3 *м*.

В процессе ухода за оросительной сетью не следует допускать значительных отклонений ширины каналов от проектной величины. На суглинистых грунтах ширина каналов поверху должна быть не меньше тройной и на песчаных — четверной полной глубины их.

Перегон скота через каналы вброд и пастьба его по дамбам и откосам каналов не разрешается. Водопои

скота, купанья и т. п. допускаются только на специальных участках.

Чтобы обеспечить расчетную пропускную способность каналов, необходим тщательный надзор за состоянием регулирующих сооружений. Они должны позволять быстро и надежно маневрировать расходами воды. Поэтому при эксплуатации регулирующих сооружений следят, чтобы не было утечки воды через затворы водовыпусков, не происходило размыва и разрушений отдельных частей каналов и сооружений.

На участках каналов с одеждами и креплением устанавливают систематический надзор за состоянием облицовки, температурных швов. Поврежденную облицовку немедленно восстанавливают и устраняют причины, вызвавшие это повреждение.

В последние годы получило широкое распространение строительство оросительной сети из сборных железобетонных лотков (в Голодной степи, на Украине, в Грузии, Армении, Молдавии, на Северном Кавказе, в Поволжье). Фильтрация из такой сети, если соблюдены все требования, исключается полностью.

Весной, перед пуском воды, каналы-лотки тщательно осматривают и подготавливают к работе. Стыки лотков, трещины и места обнажения арматуры после заделки покрывают битумной мастикой или клеем на эпоксидной смоле (через 10—12 *ч* после покрытия канала-лотка эпоксидной смолой можно пускать воду).

При эксплуатации оросительных трубопроводов во избежание гидравлических ударов их заполняют водой постепенно. В период ремонта и подготовки закрытой сети к поливам устраняют все неисправности, которые отмечены в дефектной ведомости, составленной осенью при сдаче ее на консервацию, а также повреждения, обнаруженные во время осмотра системы весной.

При наполнении системы водой и в период проведения поливов устанавливают тщательный надзор за состоянием трубопроводов и вантузов.

В период проведения поливов выделяют группу слесарей в 2—3 человека, которые не реже одного раза в неделю проверяют состояние сети. Если оросительная вода несет взвешенные наносы, то для удаления их из трубопроводов не реже одного раза в месяц проводят промывку трубопроводов путем создания скоростей, обеспечивающих размыв и вынос наносов.

Трубопроводы опорожняют до наступления отрицательных температур. Воду сбрасывают через концевые сбросные задвижки или спускные колодцы. Задвижки после сброса воды смазывают солидолом или другой равноценной мазью.

Особенности эксплуатации насосных установок, дождевальных машин, участков лиманного орошения. В эксплуатации насосных станций можно выделить три характерных периода:

подготовка насосной станции к пуску весной;

рабочий период;

нерабочий период (консервация).

В первый период тщательно осматривают двигатели и насосы, устанавливают арматуру, проверяют состояние изоляции электродвигателей, подтягивают болтовые соединения. После приведения машин в состояние готовности к пуску они должны быть опробованы на ходу.

Режим работы насосных станций в рабочий период устанавливают в соответствии с планом подачи воды. Месячные графики водоподачи составляют с учетом технических возможностей агрегатов, а также планов текущего и капитального ремонта насосно-силового оборудования. На действующих насосных станциях ведут журнал работы агрегатов, журнал осмотра и ремонта насосно-силового оборудования, паспортные книги насосов и двигателей.

В нерабочий период проводят технический осмотр и ремонт насосно-силового оборудования. Агрегаты насосной станции освобождают от воды, очищают от грязи, а трубопроводы водозаборной линии демонтируют. Перед установкой оборудования насосной станции на зимнее хранение составляют дефектные ведомости, определяют виды и объемы ремонтных работ.

Оборудование насосных станций размещают в закрытых помещениях или под навесом и после ремонта подготавливают для хранения в соответствии с инструкцией. Подводящий канал и напорный бассейн очищают от или и наносов.

Для поддержания дождевальных машин и установок в хорошем техническом состоянии своевременно проводят технический уход, текущий и капитальный ремонты.

Технический уход включает смазочные, контрольно-крепежные и регулировочные операции, а также выявление и устранение мелких дефектов и повреждений.

Ежемесячный технический уход проводят в перерыве между сменами. В это время все узлы машины или установки очищают от грязи; проверяют надежность тормозной и фрикционной системы и ее регулировку, натяжение раскосов и растяжек ферм, состояние пусковых и питательных устройств, контрольно-измерительных приборов и средств сигнализации.

Кроме ежемесячных технических уходов, проводят технические уходы № 1 и № 2. Цель их — предупредить износ дождевальных машин и трактора (выправление прогибов, замена отдельных износившихся деталей).

Текущий ремонт предусматривает более полную разборку машин в мастерских хозяйств с заменой деталей или узлов в коробке передач, редукторах, центробежных насосах. В это время выполняют полную покраску машин.

На дождевальных машинах в основном применяют центробежные насосы консольного типа. Привод таких насосов осуществляется от электромотора или через вал отбора мощности от двигателя внутреннего сгорания (трактор марки ДТ-54А, ДТ-75 и др.).

Перед пуском дождевальной машины убеждаются в исправности насоса и наличии смазки в подшипниках. Затем центробежный насос и всасывающую линию с помощью специальных устройств (вакуум-зарядные аппараты, заливочные баки) или вручную заполняют водой. При этом необходимо убедиться, что всасывающая линия не пропускает воздуха, а обратные клапаны плотно закрыты. В связи с тем что на напорных трубопроводах дождевальных машин задвижки обычно не устанавливают, насосы на них включают сразу после заливки всасывающей линии.

Если напорная линия снабжена задвижкой, нельзя допускать работу насоса при закрытой задвижке более 5 *мин*. Это может привести к перегреву насоса и выводу его из строя. Если на всасывающей линии установлен вакуумметр, работу насоса контролируют по его показаниям. Падение разрежения указывает на подсос воздуха из-за нарушения уплотнений, повреждения прокладок, разрыва шланга и других дефектов во всасываю-

щей линии или из-за недостаточного погружения в воду всасывающего клапана. Повышение разрежения указывает на засорение предохранительной сетки приемного клапана. У агрегата ДДА-100М при нормальной работе разрежение во всасывающем трубопроводе изменяется от 250 до 350 *мм* ртутного столба.

При работе насосов постоянно следят за работой сальников (вода из них должна вытекать каплями), подшипников (температура их не должна превышать 50° С), за показаниями приборов. Во всех случаях при появлении в работающих агрегатах подозрительных шумов насос немедленно останавливают и внимательно осматривают. Обнаруженные неисправности срочно устраняют.

Учет работы по политой площади ведут раздельно по каждому дождевальному агрегату. В зависимости от объема выработки на каждую машину в соответствии с существующими нормами определяют время проведения техухода, текущего и капитального ремонта дождевального агрегата и трактора.

Правильная эксплуатация участков лиманного орошения заключается прежде всего в выборе режима затопления их, который согласовывают с потребностью возделываемых культур в доступной влаге. Продолжительность затопления лиманов устанавливают с учетом степени промерзания и механического состава почвы. Норма лиманного орошения изменяется от 2 до 5 тыс. $м^3/га$. При этом, чем тяжелее механический состав почвы лиманов, тем она выше.

Уход за участками лиманного орошения сводится к поддержанию в исправном состоянии водоудерживающих валов, водообходов и сбросных сооружений. Эксплуатационные работы выполняют в несколько этапов.

В осеннее время (первый этап), когда основные сельскохозяйственные работы окончены, проводят досыпку валов, скашивают или выжигают сорную растительность в резервах, на валах и водообходах, ремонтируют сооружения, регулируют подъемные устройства и уплотнения щитовых затворов.

В зимний период (второй этап) участки лиманного орошения подготавливают к пропуску весеннего паводка. Все водообходы, подводящую и отводящую части сбросных сооружений очищают от мусора, снега и льда. На валах в наиболее ответственных местах заготавли-

вают аварийные запасы дерна, камня, фашин и других материалов.

Третий этап — прохождение весеннего паводка — самый ответственный. В этот период наполняют лиманы до расчетной глубины. Участки лиманного орошения в хозяйстве обслуживает специализированная бригада. Состав бригады зависит от площади лиманного орошения и сложности сооружений. На системах ярусных лиманов мелкого слоя затопления 200—300 *га* обслуживает один человек, а на глубоководных лиманах за каждыми 50—100 *га* закрепляют 1—3 человек.

Подготовка внутрихозяйственной сети и дождевальных машин к зимнему периоду. В зимний период внутрихозяйственную оросительную сеть можно использовать для проведения влагозарядковых, промывочных и других зимних поливов, а также для водоснабжения населенных пунктов и животноводческих ферм. Контроль за работой каналов и сооружений в зимнее время должен быть особенно тщательным. Особое внимание уделяют проведению мероприятий, предупреждающих образование заторов и зажоров у мостов, переездов и других сооружений. Устанавливаемые на летний период перед сооружениями решетки к зиме снимают. При образовании наледей и обмерзании сооружений лед обкалывают, не нарушая целостности сооружений и одежды каналов. Эффективная мера предупреждения образования шуги — создание на каналах устойчивого ледового покрова при максимальных горизонтах воды. После образования льда горизонты воды в каналах могут быть снижены. При прохождении по каналам льда и шуги во всех опасных местах организуют дежурство работников эксплуатационной службы и бригад рабочих.

На участках, где не предусматривается проведение зимних поливов, временные оросители заравнивают. Постоянные каналы очищают от ила и растительности. Оросительные трубопроводы и лотковую сеть освобождают от воды. Задвижки и затворы на водовыпусках в зимний период оставляют открытыми. Передвижные насосные станции очищают от грязи и подвозят к месту их хранения. По мере образования льда проводят околку его вокруг понтонов плавучих насосных станций, усиливают крепление их тросами при подготовке прохождения паводка. Временные переносные сооружения (перемычки, щиты, трубки, сифоны) также очищают от

грязи, промывают и после просушки сдают на склад. Металлические переносные сооружения красят.

Объем работ по подготовке дождевальной техники к зиме зависит от того, в каком положении она будет храниться: без демонтажа, с частичным или полным демонтажем. Но независимо от формы хранения по окончании поливного сезона для промывки водопроводящих узлов дождевальных машин и агрегатов в течение 15—20 *мин* работают на чистой воде при максимальных оборотах. Все поверхности с недоброкачественной окраской очищают и красят. Не подлежащие окраске металлические поверхности деталей и узлов и резьбовые соединения смазывают солидолом или техническим вазелином; в емкостях меняют масло. Водозаборную и водопроводную линии, центробежный насос и подкормщик освобождают от воды.

Мелкие детали, инструмент, резиновые прокладки и манжеты упаковывают в ящики и отправляют на склад.

Для зимнего хранения в полной сборке агрегат ДДА-100М устанавливают на незатопляемой площадке. Все спускные отверстия при этом оставляют открытыми. Трактор устанавливают на деревянные щиты и с помощью подставки деревянных ко́зел в местах прикрепления консолей к поворотному кольцу разгружают от тяжести ферм. Для обеспечения большей устойчивости фермы крепят проволокой к четырем анкерным опорам. Открылки и насадки снимают с ферм и после смазки упаковывают в отдельные ящики. Отверстия нижнего пояса закрывают деревянными пробкми. Если открылки с насадками оставляют на ферме, их поворачивают дефлекторами вниз и смазывают солидолом.

Дальнеструйные дождевальные машины ДДН-45, ДДН-70 хранят под навесом на деревянных подкладках. Большое и малое сопла закрывают брезентовыми чехлами.

Короткоструйные дождевальные установки КДУ-55М и среднеструйные УДС-25, «Сигма Ирис» хранят в разобранном виде: насадки, заглушки, гидранты, муфты, манжеты и другие детали в ящиках на складе, а трубы — в штабелях высотой не более 12 горизонтальных рядов и под навесом.

Уход за затворами, подъемными механизмами и металлическими конструкциями гидротехнических сооружений. Затворы являются одной из составных частей

гидротехнических сооружений. В соответствии с величиной открытия затвора изменяются расходы и горизонты воды в каналах, осуществляется управление водным потоком. В практике оборудования сооружений внутрихозяйственной сети наиболее широкое распространение получили плоские затворы (щиты) и шандоры.

Обслуживание щитовых затворов сводится к поддержанию в исправном состоянии уплотнений, пазов и подъемных механизмов. Затворы должны свободно перемещаться в пазах, не перекашиваться, не заклиниваться, не выскакивать из отверстий, обеспечивать хорошее уплотнение.

Для подъема плоских щитов небольших размеров применяют гаечно-винтовые приспособления, то есть плоский щит подвешивают на штанге с винтовой нарезкой. Подъем и опускание щитов осуществляют вращением гайки. На более крупных сооружениях для подъема щитов применяют подъемники, оборудованные лебедками. Перед каждым подъемом и опусканием затворов осматривают подъемный механизм, проверяют тормозные устройства, пазы и уплотнения. Чистку подъемных механизмов и их ремонт проводят только при опущенных щитах с соблюдением правил техники безопасности.

При подготовке затворов, подъемных механизмов и других металлических конструкций на сети к зимним условиям наружные нешлифованные поверхности окрашивают, резьбовые соединения смазывают солидолом. Непременное условие нормальной эксплуатации затворов и подъемников — содержание их в чистоте.

Шандоры применяют в том случае, если подъемники вышли из строя. Шандоры заранее пронумеровывают и складывают около сооружения в порядке, обеспечивающем их последовательную укладку в отверстия сооружения.

Уход за лесополосами, дорогами и линиями связи. Лесопосадки вдоль каналов предназначены для защиты каналов от зарастания растительностью, понижения уровня грунтовых вод по трассе канала и уменьшения неблагоприятного воздействия силы ветра на посевы. Вдоль постоянных каналов хозяйственной сети, нуждающихся в очистке от наносов, рекомендуется создавать с одной стороны двухрядные или трехрядные полосы из быстрорастущих деревьев в смешении в рядах с кустар-

никами. Расстояния между деревьями в рядах принимают 1—3 *м*, между кустарниками — 1—0,75 *м* при расстоянии между рядами 1,5—3 м. Обсадку полевых дорог обычно выполняют в виде двухрядных полос из быстрорастущих деревьев. Деревья высаживают с каждой стороны дороги через 3 *м* друг от друга.

Уход за насаждениями заключается в следующем. В первые годы после посадки до 3—4 раз за сезон поливают деревья, рыхлят почву в междурядьях, рядах и вблизи каналов.

В случае выпадов посадки пополняют на второй год. По мере необходимости подрезают нижние ветви и периодически проводят рубку кустарника и древесных пород. Если в лесополосы входят плодовые деревья, следят за штамбами, кроной, почвой.

Борьбу с вредителями насаждений выполняют в соответствии с инструкцией по защите растений.

Полевые и внутрихозяйственные дороги на орошаемой площади, как правило, грунтовые. В том случае, когда они проходят по пылеватым суглинкам и солончакам, проезжую часть дороги делают с гравийным или другим покрытием.

Уход за дорогами сводится к поддержанию в исправном состоянии верхнего слоя. На щебенчатых дорогах толщину слоя щебенки поддерживают в пределах 8—10 *см*. Для улучшения земляного полотна дороги периодически проводят планировку и укатку. Придорожные кюветы и канавы очищают от грязи и растительности. Для улучшения стока воды в кюветы полотно дороги выполняют с небольшим поперечным уклоном ($i = 3—5\%$) от середины к кюветам.

Удельные затраты на содержание и ремонт улучшенных дорог на орошаемых землях составляют в среднем 1,54 *руб/га*, из них на текущий ремонт расходуется до 1,26 *руб/га*.

Эффективность использования оросительной воды на системах в значительной степени зависит от четкости и согласованности действия ее частей. Поэтому огромное значение имеет организация связи.

Обслуживание линейной связи на оросительных системах осуществляется специально подготовленными лицами в соответствии с инструкцией по уходу за средствами связи. Удельные затраты на содержание и ремонт линий связи при средней протяженности на гектар оро-

шаемых земель 3 *м* составляют 0,27 *руб/га*, 5 *м* — 0,41 *руб/га*, 8 *м* — 0,62 *руб/га*, 10 *м* — 1,11 *руб/га*.

Ремонтные работы выполняют по ежегодно разрабатываемым и утвержденным планам. В практике эксплуатации мелиоративных систем различают текущий, капитальный и аварийный ремонты.

Текущий ремонт выполняют ежегодно. К нему относятся очистка каналов от наносов и растительности; подсыпка и уширение дамб; очистка берм; ликвидация небольших оползней, обрушений, перекатов и песчаных кос; исправление поврежденных креплений и одежд каналов, устранение небольших повреждений отдельных частей сооружений. При проведении текущего ремонта не выполняют сложных технических мероприятий и не изменяют конструкций сооружений. Разновидностью текущего ремонта является проведение предупредительного (профилактического) ремонта: ликвидация в дамбах нор землероев, обкол льда у сооружений, подтягивание крепежных болтов, утепление на зиму дренажных устройств и др. Профилактический и значительную часть текущего ремонта выполняют без остановки работы системы.

Капитальный ремонт проводят по мере необходимости (через несколько лет). К нему относятся: ликвидация крупных повреждений и разрушений участков каналов, дамб и частей сооружений; изменение конструкций сооружений или замена отдельных элементов вследствие их износа.

Аварийный ремонт — восстановление каналов, дамб и сооружений или частей их, разрушенных вследствие стихийных явлений (сели, паводки и др.) или нарушения правил технической эксплуатации.

Характер и объемы ремонтных работ устанавливают ежегодно осенью, после окончания поливов, путем осмотра каналов и сооружений. На основе осмотра гидротехник хозяйства составляет дефектную ведомость. Путем сверки данных дефектной ведомости с натурой комиссия составляет акт, в котором указываются виды, объемы и сроки выполнения ремонтных работ. К акту прикладывают дефектные ведомости.

Ремонтно-строительные работы на каналах внутрихозяйственной сети выполняются бригадой ремонтников по договору с системным управлением или специализированной по ремонту оросительной сети передвиж-

ной механизированной колонной за счет средств колхозов и совхозов. Затраты на ремонтные работы и эксплуатацию внутрихозяйственной сети ежегодно предусматриваются в производственно-финансовых планах хозяйства. Наряды на выполнение ремонтных работ выдаются бригадам рабочих по установленной форме.

Ремонт и очистку каналов можно проводить в осенний и весенний периоды. Основные работы на постоянной сети планируют на осенний период. Весной лишь исправляют каналы от зимних обвалов, дополнительно

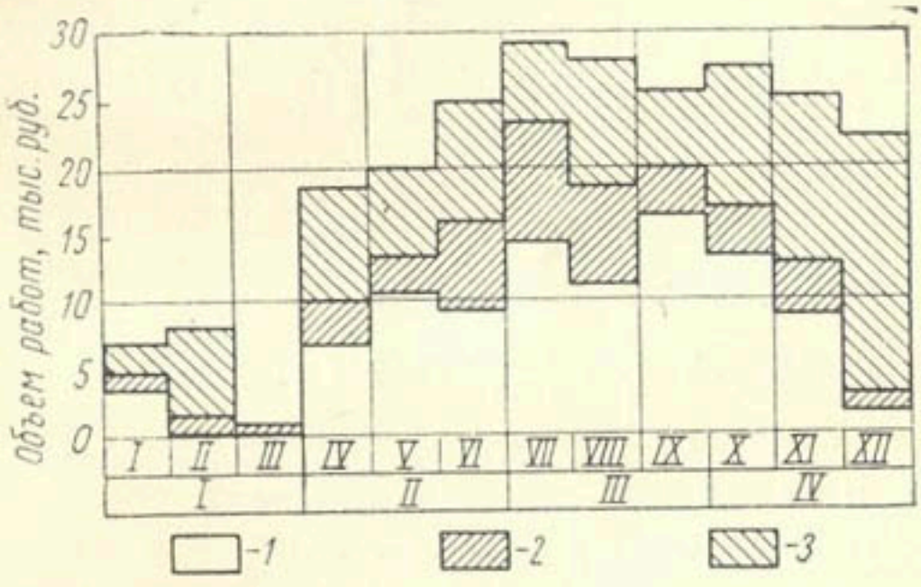


Рис. 12. График выполнения работ механизированным эксплуатационным участком:

1 — очистка каналов межхозяйственной сети; *2* — ремонт дамб и каналов межхозяйственной сети; *3* — уход за каналами и сооружениями внутрихозяйственной сети и их ремонт.

подсыпают дамбы и выполняют другие несложные работы.

После установления очередности, объемов и сроков проведения работ, определения потребности в машинах и механизмах составляют календарный график ремонтных работ (рис. 12).

Ремонтные работы принимает специальная комиссия в составе представителя хозяйства, агронома, участкового гидротехника системы и гидротехника хозяйства. Комиссия составляет акт, в котором отмечает объем и качество ремонта, стоимость, обнаруженные недоделки и дефекты, а также сроки их устранения.

При выполнении ремонтно-строительных работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда. Прежде чем допускать к выпол-

нению ремонтных работ, рабочих инструктируют и знакомят с требованиями техники безопасности. На выполнение работ, связанных с применением машин и механизмов, с использованием электроэнергии, работой на воде, допускаются специально подготовленные рабочие. При производстве работ на каналах и водохранилищах выделяют спасательные средства — лодки, спасательные пояса и круги. На работы по пропуску паводков (в особенности в ночное время) и на аварийные работы выделяют специально подготовленных лиц.

Жилые, служебные, культурно-бытовые и производственные здания снабжают противопожарным инвентарем и огнетушителями в соответствии с установленными нормами. Сторожевая охрана обязана хорошо знать правила пользования средствами тушения пожаров.

Для оказания первой помощи при несчастных случаях в каждой бригаде или отделении совхоза на наиболее крупных узлах предусматривают аптечку с запасом медикаментов и перевязочных средств.

МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОЧИСТКЕ КАНАЛОВ ОТ НАНОСОВ И СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Образование наносов и распределение их по каналам. Наносами принято называть твердые частицы, которые переносятся потоком воды. При выпадении в осадок они формируют русловые отложения. Содержание твердых частиц в единице объема воды характеризует «насыщенность» потока наносами, или его мутность.

Образуются наносы чаще всего в результате смыва талыми и ливневыми водами почв водосборного бассейна. Часть наносов является продуктом размыва ложа и берегов реки.

Механический и химический состав наносов, размеры поступления их в оросительные системы зависят от многих факторов. В частности, на количество наносов, внутригодовое распределение и их крупность существенное влияние оказывают колебания расходов и горизонтов, скорость движения воды, изрезанность рельефа и состояние поверхности водосбора, уклоны реки.

В зависимости от сочетания этих факторов содержание наносов в речной воде изменяется в широких пределах. Для бассейна степных рр. Сал, Маныч, Ея харак-

терна средняя мутность воды не выше 20 *г/м*³. В нижнем течении Днепра, на Среднем Дону, в рр. Хопре, Медведице, Иргизе, Урале содержание наносов увеличивается до 100—500 *г/м*³, а в рр. Гудермес, Сулак, Теджен средняя мутность воды превышает 5000 *г/м*³.

Ежегодно для проведения поливов в оросительные системы из рек забирается огромное количество воды. Вместе с оросительной водой в них попадают и наносы. В бассейне р. Сырдарьи, например, в оросительные системы (Исфайрам-Шахимардинская, Нижняя Сырдарьинская и др.) поступает наносов от 11,7 до 26,3 *м*³/*га*. В бассейне р. Амударьи объем поступающих наносов на оросительной системе южного Хорезма составляет 59 *м*³/*га*, а на Дарганатинской — 90,3 *м*³/*га*. Распределение наносов по источникам орошения и оросительным системам крайне разнообразно. Тем не менее наибольшее количество их содержится в оросительной воде там, где выше мутность реки.

Если для орошения используются водохранилища, вода из них в оросительные каналы поступает осветленная. Однако и на таких системах объем очистки наносов (наносы здесь образуются в результате размывов и обвалов откосов каналов) достигает значительной величины. В 1966 г. на оросительных системах Волгоградской области, где забор оросительной воды осуществляется преимущественно из водохранилищ, объем очистки наносов составил 5 *м*³/*га*, в 1967 г. — более 3 *м*³/*га*.

В среднем по СССР удельный объем очистки оросительных каналов от наносов равен 14,2 *м*³/*га*. Только по каналам внутрихозяйственной сети ежегодно требуется удалять наносов не менее 150 млн. *м*³.

В зависимости от мутности воды в источнике орошения и транспортирующей способности потока происходит выпадение их в осадок по длине сети. Наиболее крупные донные наносы (галька и крупный песок) остаются в пределах головного участка и в начале магистрального канала. Средние фракции наносов (средний и мелкий песок) попадают в распределительную и даже хозяйственную сеть каналов. Пылеватые фракции (мелкий песок и песчаная пыль) выносятся в хозяйственную сеть.

По данным наблюдений на оросительных системах, в среднем по СССР около 80% наносов остается в каналах межхозяйственной сети и только около 20% общего

количества поступает в каналы хозяйственной и сбросной сети. На характер распределения их существенное влияние оказывают уклоны каналов. Например, при больших уклонах каналов межхозяйственной сети на Вахшской системе примерно 66% наносов попадает в хозяйственную сеть и на поля. В то же время на Бассага-Керкинской оросительной системе, где каналы имеют малые уклоны, в хозяйственную сеть попадает только 5% общего объема наносов.

Следует иметь в виду, что не все наносы, поступающие в систему, оказываются вредными. Наиболее мелкие из них (диаметром 0,005—0,001 *мм* и меньше) являются ценным удобрением. На оросительных системах, расположенных в дельте р. Терека, при оросительной норме 3000 *м*³/*га* вместе с оросительной водой на поля ежегодно выносятся мельчайшие наносы. Удобрительное значение их, по данным Е. Н. Будько, оценивается поступлением питательных веществ в размерах: гумуса 6,7—380 *кг/га*, азота 3,8—28,7 *кг/га*, фосфорного ангидрида 11,5—30,2 *кг/га*, кальция 0,3—8,5 *кг/га* и углекислоты в виде карбонатов кальция и магния 326—1212 *кг/га*. Кроме того, мельчайшие наносы являются прекрасным кольматирующим средством, что способствует уменьшению потерь воды на фильтрацию в каналах. Поэтому при выборе режима работы каналов стремятся к тому, чтобы крупные наносы не попадали в оросительную систему совсем или осаждались на головном участке и в начале магистрального канала, а мельчайшие наносы выносились бы на поля.

Мероприятия по регулированию режима наносов выбирают в зависимости от объема поступления наносов в оросительную систему. Объем наносов, поступающих из источника орошения в каналы оросительной сети во взвешенном состоянии за период времени t, определяют по формуле:

$$W = 86{,}4Qt\frac{\rho}{\gamma},$$

где Q — расход воды в голове оросительной системы, *м*³/*сек*;

t — продолжительность периода, сутки;

ρ — средняя за расчетный период мутность воды в реке, *кг*/*м*³;

γ — объемный вес взвешенных наносов, *т*/*м*³.

Кроме взвешенных наносов, оросительная вода несет донные наносы, или влекомые. Для разных рек и бассейнов соотношение взвешенных и донных наносов различно. Однако для равнинных рек донные наносы превышают 10%, а для рек с более бурным потоком — 25% объема взвешенных наносов.

Величина поступающих в оросительные каналы наносов зависит от размера забора воды для орошения, мутности воды и продолжительности работы каналов. Исходя из этого, регулирование режима наносов обеспечивается системой мероприятий, которые сводятся:

к уменьшению поступления в оросительную сеть наносов за счет закрепления участков размыва на водосборной площади реки, строгого выполнения плана водопользования, планирования водоподачи преимущественно в период наименьшей мутности воды в реке, повышения коэффициента полезного действия каналов. Значительно уменьшается количество наносов при устройстве на головном участке специальных инженерных сооружений (отстойники, пороги, промывные шлюзы и др.);

к предупреждению оседания наносов в каналах путем выноса полезных фракций на поля, осаждения части крупных наносов в отстойниках;

к использованию части наносов для кольматации русел каналов;

к удалению наносов из каналов и отстойников механизированными средствами.

Механизация очистки каналов от наносов. Производство механизированных работ по очистке каналов от наносов в колхозах и совхозах зоны орошения имеет свои особенности. Это растянутость фронта работ при сравнительно малом удельном объеме их; неудовлетворительные условия для подхода машин к месту работы (нет хороших дорог, мешают лесополосы, сооружения и т. д.); сложный профиль поперечного сечения каналов (ширина оросительных каналов внутрихозяйственной сети по дну 0,6—3,0 *м*, глубина 0,7—2,5 *м*, заложение откосов 1 : 1 — 1 : 2); небольшая мощность подлежащего очистке наносного слоя (0,2—0,5 *м*). Дополнительные затруднения возникают при складировании грунта во время очистки: образующиеся вблизи каналов большие кавальеры стесняют работу машин и механизмов.

Из механизированных средств для очистки внутрихозяйственной сети от наносов наиболее широко применяют одноковшовые и многоковшовые экскаваторы, каналоочистители, прицепные снаряды и некоторые другие механизмы.

Одноковшовые экскаваторы применяют преимущественно на гусеничном ходу с малой и средней (0,35—1,0 $м^3$) емкостью ковша; рабочее оборудование — по типу драглайн и обратная лопата. При мощности слоя очистки менее 0,30 *м* производительность одноковшовых экскаваторов резко снижается и применение их становится неэффективным.

Одноковшовыми экскаваторами разрабатывают грунт при движении трактора по берме канала. При ширине канала по верху до 3—4 *м* очистка обеспечивается за один проход, при ширине до 6—8 *м* — за два прохода. Сменную выработку экскаватора принимают на 10—20% ниже нормальной (принимаемой при выполнении строительных работ).

Многоковшовые экскаваторы поперечного черпания (ЭМ-161, ЭМ-502, ЭМ-152А) применяют для очистки каналов глубиной до 1,5—2,5 *м*, шириной по дну 0,6—2 *м* и по верху от 1,5 до 7,5 *м*. Многоковшовый экскаватор представляет собой самоходный снаряд на дизельном двигателе Д-37М и Д-54. Телескопическое устройство на ходовой части экскаватора позволяет изменять расстояние между гусеницами от 170 до 700 *см* (рис. 13). Рабочим органом экскаватора служит рама с ковшовой цепью, несущей от 11 до 15 ковшей емкостью 8—50 *л*.

Очистку каналов можно выполнять из-под воды и без наполнения канала водой. Во время очистки машина движется вперед или назад со скоростью 0,18—0,54 *км/ч*. Транспортная скорость несколько выше — 1,2—2,37 *км/ч*. За один проход экскаватор снимает стружку грунта до 20 *см*. В зависимости от состояния откосов и дна каналов движение экскаваторов при очистке может быть односторонним, челночным (вперед и назад) и кольцевым двухсторонним.

Грунт, вынутый из канала, выбрасывается на берму канала и затем разравнивается бульдозером. При необходимости можно обеспечить погрузку вынимаемого грунта в транспортные средства.

Практика показала, что очистка каналов многоков-

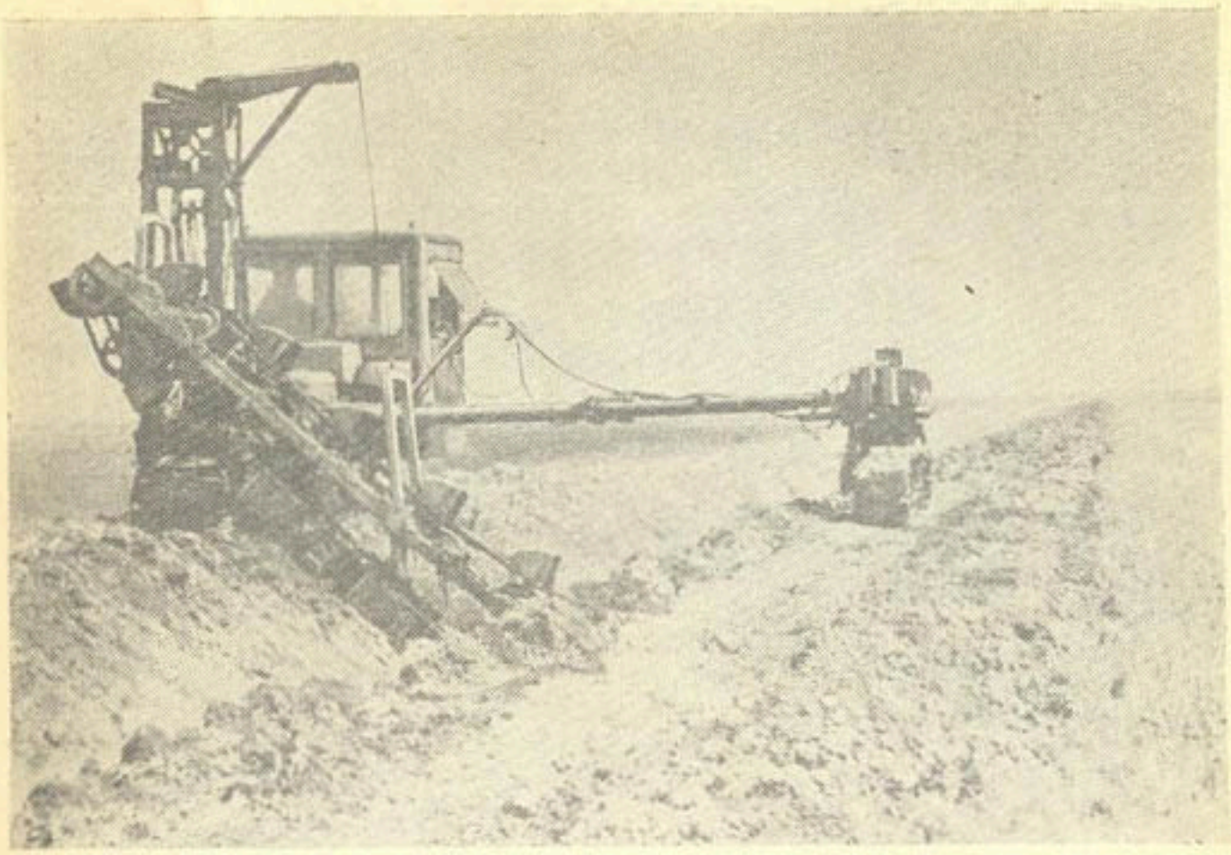


Рис. 13. Многоковшовый экскаватор ЭМ-152А в работе (Генераловская оросительная система).

шовыми машинами дешевле, чем одноковшовыми. Средняя производительность экскаватора ЭМ-152А составляет 40 *м*³/*ч* выброшенного грунта. Прямые затраты при этом составляют 20 коп. на 1 *м*³ грунта. Производительность машины ЭМ-502 достигает 100 *м*³/*ч*.

Каналоочистители (Д-342, Д-342А, КШБ-2,4, Д-490) применяют для очистки от наносов и растительности каналов при ширине их по дну 0,4—1 *м*, глубине 0,5—1,6 *м*. Рабочий орган канавоочистителей — одновинтовой шнек (Д-342) или сменное роторное или скребковое оборудование (Д-342А — Д-490) — приводятся в действие от вала отбора мощности тракторов ДТ-54А, ДТ-55, ДТ-75, ДТ-75Б и Т-74.

Каналоочиститель Д-342 очищает канал за два прохода. Для нормальной работы на дне канала оставляют слой воды 15—20 *см*. Производительность — около 30 *м*³/*ч* при рабочей скорости 0,5—0,8 *км*/*ч*.

Каналоочиститель (Д-342А) с роторным рабочим оборудованием очищает каналы из-под воды; производительность его 17 *м*³/*ч*, а со скребковым рабочим органом 38 *м*³/*ч*. Рабочая скорость машины 0,5—0,8 *км*/*ч*.

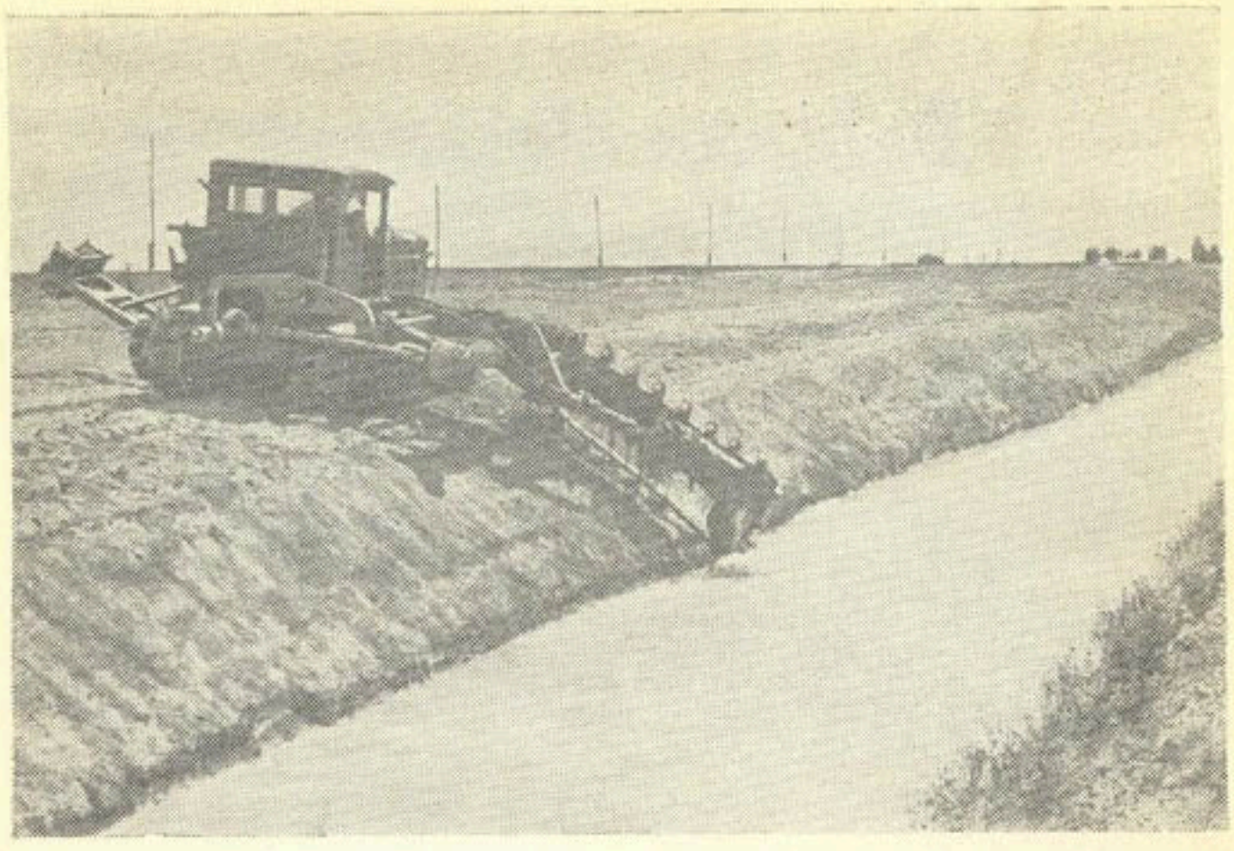


Рис. 14. Каналоочиститель Д-490 в работе (Варваровская оросительная система).

Каналоочиститель КШБ-2,4 работает при скорости передвижения 0,53—0,68 *км/ч*. Среднечасовая производительность его составляет до 50 $м^3$ вынутого грунта.

Каналоочиститель Д-490 (рис. 14) имеет два сменных рабочих органа: скребковый — для очистки откосов каналов и роторный — для очистки дна. За один проход каналоочиститель срезает стружку грунта до 10 *см*. Рабочая скорость его изменяется от 0,53 до 1,16 *км/ч* при производительности со скребковым рабочим органом 63 $м^3/ч$, а с роторным — 32 $м^3/ч$.

Прицепные и навесные канавокопатели (КОР-500, КМ-800М, КМ-1000М, КМ-1400М и др.) используют для очистки неглубоких каналов от наносов и сорной растительности. Большой опыт применения переоборудованного канавокопателя КМ-1000 для очистки каналов накоплен в совхозе «Изобильненский» Ставропольского края. Очистку каналов здесь выполняют после прекращения подачи воды и их просушки. Дамбы канала перед проходом канавокопателя выравнивают грейдером или бульдозером. За час рабочего времени канавокопатель обрабатывает до 2000 *м* каналов. Затра-

ты на кубометр выброшенной канавокопателем смеси грунта и растительных остатков составляют не более 7 коп.

Борьба с зарастанием каналов. Интенсивное зарастание каналов внутрихозяйственной сети растительностью нарушает нормальную работу их. Вследствие зарастания пропускная способность каналов уменьшается в среднем в 1,5—2 раза, а глубина наполнения увеличивается на 60—70%. В заросших каналах коэффициент шероховатости выше в 6—7 раз по сравнению с незаросшими, что увеличивает потери воды в 2—3 раза и в 1,5—2 раза снижает к.п.д. каналов. Кроме того, при транспортировании воды по заросшим каналам вместе с оросительной водой на поля попадает большое количество семян сорных растений.

При уходе за каналами сорную растительность уничтожают механическим, химическим, биологическим и термическим способами.

При механическом способе очистки, кроме простейших средств (косы, лопаты, тяпки и др.), применяют специальные каналоокашивающие машины типа МСР-1,2, КОК-5,8, КСХ-2,1.

Косилка МСР-1,2 выпускается серийно. Рабочим органом ее служит диск, состоящий из 16 сегментных ножей. Навешивается он на трактор ДТ-55 и ДТ-75. Привод рабочего органа — гидравлический. Косилка скашивает и удаляет растительность с откосов каналов глубиной до 1,2 *м*. Часовая производительность ее 0,2 *га/ч*. Косилка хорошо работает при скашивании жесткой растительности. Мягкую же растительность (особенно злаковую траву) она срезает плохо. Косилка не может работать на участках, засоренных камнями, древесиной, пнями, так как твердые предметы выводят из строя ножи. На увлажненных откосах разбрасывается грязь и ухудшаются санитарные условия работы. В связи с этим в последнее время находит распространение переоборудованная косилка МСР-1,2. В ней роторный диск заменен на обычные ножи от сенокосилки (рис. 15). В результате этого увеличилась ширина захвата режущего аппарата, улучшились технические и санитарно-гигиенические условия работы и в конечном итоге возросла производительность.

Каналоокашивающая машина КОК-5,8 (рис. 16) навешивается на трактор «Беларусь». Она обеспечивает

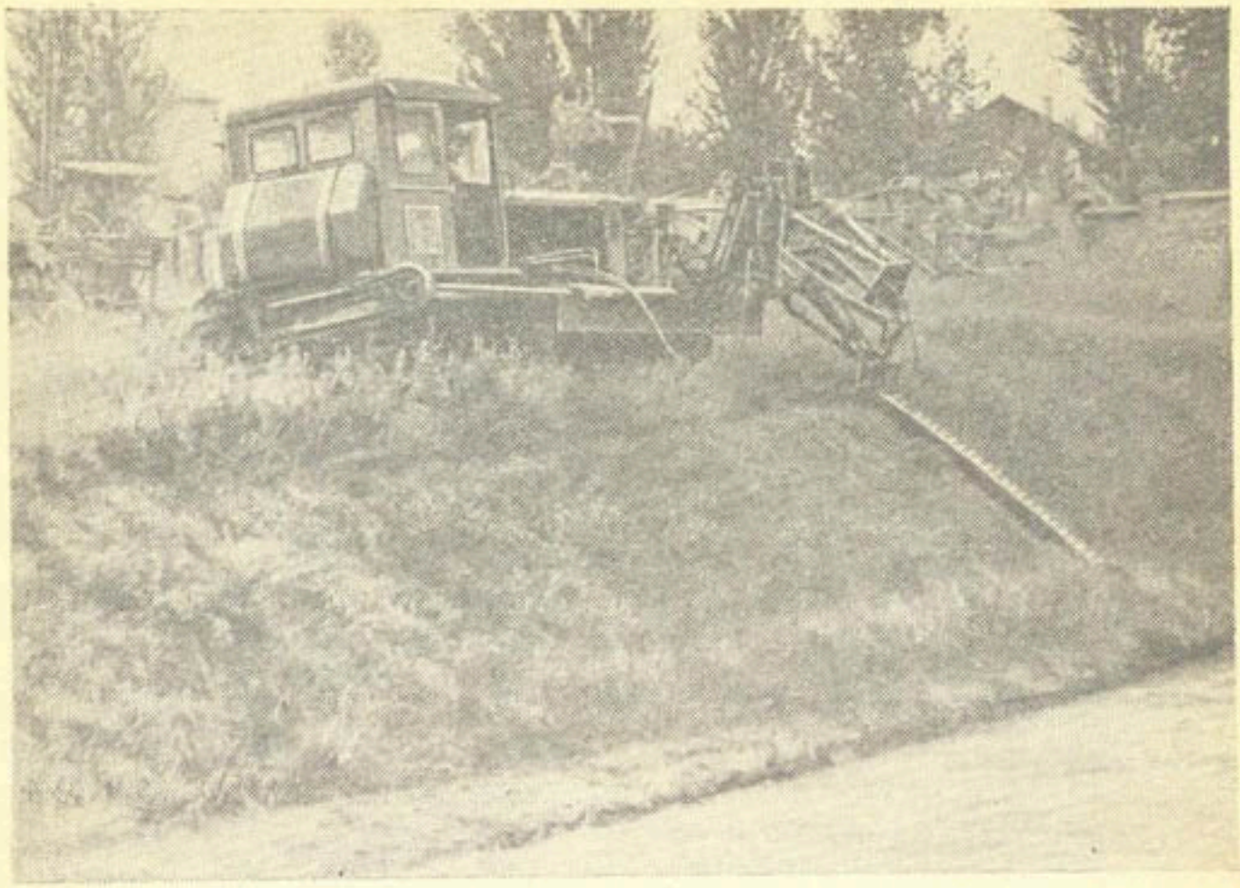


Рис. 15. Переоборудованная косилка МСР-1,2 в работе

обработку внутреннего и внешнего откосов канала и дамбы. Ширина захвата машины 4,45—5,8 *м*. Часовая производительность машины при рабочей скорости до 1,7 *км/ч* составляет 0,5 *га*.

На средних и мелких каналах — глубиной до 1 *м* — эффективно применение машины КСХ-2,1.

Для уничтожения сорной растительности на каналах, кроме каналоокашивающих машин, применяют каналоочистители, многоковшовые и одноковшовые экскаваторы, специально переоборудованные дисковые лущильники БДТ-2,4. Однако при работе лущильников взмучивается вода и увеличивается опасность заиления каналов. Некоторые хозяйства уничтожают растительность на каналах путем протаскивания по ним металлических рам, рельсов, тяжелых цепей или гусениц от трактора С-100 с двойной тросовой волокушей. При работе с гусеницами площадь обработки за смену поднимается до 5 *га*.

Химический способ борьбы с зарастанием каналов заключается в применении гербицидов сплошного или избирательного действия.

Для уничтожения многолетних корнеотпрысковых сорняков (осот, молокан, сурепка и др.) применяют 2,4ДУ-дихлорфеноксиуксусную кислоту и дикотекс-2М-4-Х дозой 4—5 *кг/га* с добавлением $^1/_5$ части по объему керосина или солярки. Против злаковой растительности (пырей, гумай, свинорой и др.) используют гербициды сплошного действия: паракват или дикват (2,0—2,5 *кг/га*), далапон, тельвар или кармекс (40—50 *кг/га*). Болотную растительность (тростники, рогоз, осока) уничтожают гранулированными гербицидами: монуроном, диуроном (35—45 *кг/га*), симазином или атразином (40—50 *кг/га*). Для уничтожения тростника изготовляют смесь из атразина (15 *кг/га*) и далапона (10 *кг/га*).

Для опрыскивания применяют опрыскиватели ОНК-Б, ОКМ-А, ОК-5А, гербицидно-аммиачную навесную машину ГАН-8 и др. Опрыскивание проводят в сухую безветренную погоду в начале появления сорняков. Применение машин в таких условиях наиболее эффективно. Лучшие сроки опрыскивания каналов — начало их наполнения водой, а в летний период — в перерывах между поливами, когда каналы свободны от воды или имеют минимальные горизонты.

К биологическим методам борьбы с сорняками на каналах относят затенение их древесной растительностью путем посадки приканальных лесополос.

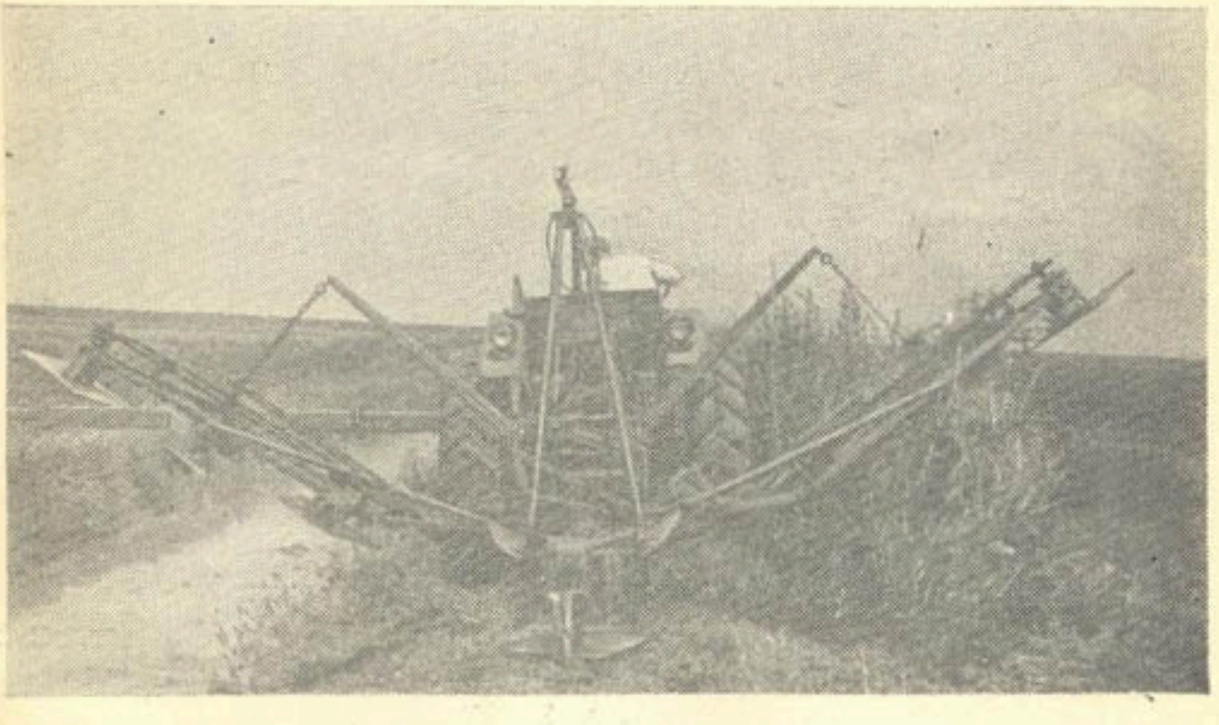


Рис. 16. Каналоокашивающая машина КОК-5,8.

Хорошее затенение из древесных насаждений обеспечивают пирамидальный или туркестанский тополь, плакучая ива и др. В практике орошения для уничтожения сорняков откосы каналов и дамбы засевают люцерной или житняком.

Из других биологических методов борьбы с сорной растительностью заслуживает внимания зарыбление оросительных и главным образом сбросных трактов толстолобиком и белым амуром.

Белый амур питается как мягкой подводной, так и жесткой надводной частью растений тростника, рогоза, различных видов рдестов, роголистника, урути и др. При собственном весе 10—20 *кг* белый амур в благоприятных температурных условиях поедает за сутки травы столько, сколько он весит сам и даже больше.

Белый толстолобик питается фитопланктоном — мельчайшими растительными организмами толщи воды и тем самым защищает ее от зацветания и зарастания.

Зарыбление водоемов белым амуром и толстолобиком применяют в бассейне рр. Амударьи, Кубани и некоторых других. В 1957—1958 гг. на Каракумском канале создались серьезные трудности по его эксплуатации из-за бурного зарастания растительностью. В настоящее время проблема борьбы с зарастанием канала благодаря заселению его белым амуром в значительной степени решена.

В 1966—1967 гг. Институтом зоологии АН Туркменской ССР (Д. С. Алиев) были проведены опыты по использованию белого амура для борьбы с зарастанием внутрихозяйственного коллектора на территории Чарджоуской опытно-мелиоративной станции Туркмен-НИИГиМ и получены хорошие результаты. На зарыбленном участке канала сорной растительности не наблюдалось, в то время как на незарыбленном в среднем насчитывалось 92 стебля вегетирующей жесткой растительности на каждом квадратном метре при урожае биомассы 1920 $г/м^2$.

Помимо высокой эффективности в борьбе с зарастанием каналов, зарыбление водоемов белым амуром и белым толстолобиком дает хозяйствам дополнительный доход от использования их в продовольственных целях.

БОРЬБА С ПОТЕРЯМИ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАЦИЮ

Потери воды в каналах. Многие из существующих оросительных систем, по данным системных управлений, имеют низкий коэффициент полезного действия — 0,50—0,55. Это означает, что около половины забираемой для орошения воды в процессе доставки ее на поля теряется (испарение, фильтрация, технические потери через сооружения, неорганизованный сброс). Потери воды на испарение незначительны и, по данным А. Н. Костякова, вместе с эксплуатационными (утечка через щиты, прорывы дамб, валиков и др.) не превышают 2—3% расхода воды в каналах. Наибольшее количество воды (70—80% суммы потерь) теряется на фильтрацию. Второе место по величине занимают потери из-за неупорядочения водопользования или по техническим причинам.

Величина фильтрационных потерь в каналах зависит от водопроницаемости грунтов, длины каналов и пропускаемых расходов воды. Немаловажное значение оказывает техническое состояние каналов (в особенности состояние ложа), степень зарастания их растительностью и некоторые другие эксплуатационные показатели. Наибольшие потери воды происходят в земляных руслах в начальный период их работы. В последующем, по мере уплотнения ложа и естественной кольматации каналов, фильтрационные потери резко уменьшаются.

Анализ работы оросительных систем показывает, что потери воды на фильтрацию в различных по назначению каналах распределяются крайне неравномерно. Наибольшая величина их приходится на каналы внутрихозяйственной сети. По данным Г. О. Хорста, в постоянных каналах хозяйственной сети теряется от 55 до 65%, а в каналах временной оросительной сети — до 10% общего объема потерь на оросительной системе. Высокий удельный вес фильтрационных потерь воды в хозяйственной сети объясняется большой протяженностью этих каналов — они составляют примерно 75% всей постоянной сети на оросительных системах. Существенное влияние на увеличение потерь оказывает периодичность действия многих каналов (участковые распределители, отдельные ветви хозяйственных каналов) во время поливов.

Фильтрационные воды увеличивают приходные статьи водного баланса, вследствие чего при больших потерях

наблюдается прогрессивный подъем уровня грунтовых вод с последующим ухудшением мелиоративного состояния орошаемых земель. Кроме того, при больших потерях воды на фильтрацию увеличивается мощность водозабора, размеры каналов и сооружений, что в конечном счете приводит к повышению стоимости их строительства и удлинению срока окупаемости оросительных систем.

В этой связи проведение мероприятий по борьбе с потерями воды на фильтрацию в каналах внутрихозяйственной сети имеет большое народнохозяйственное значение. За счет уменьшения потерь воды на фильтрацию резко повышается коэффициент полезного действия каналов внутрихозяйственной сети и системы в целом. Благодаря этому при том же размере водозабора можно дополнительно оросить значительные площади.

Способы уменьшения потерь воды на фильтрацию. Эксплуатационные приемы борьбы с потерями воды на фильтрацию в внутрихозяйственной сети в первую очередь сводятся к организации орошения с упорядоченным водопользованием.

Упорядочение водопользования в хозяйствах является одним из главных средств уменьшения размера эксплуатационно-технических потерь воды. Большое значение при этом имеет тщательный учет забора и потребления оросительной воды. При проведении поливов ставится задача не допускать подачу сверхплановых расходов воды, не превышать расчетных поливных и промывных норм. Значительное уменьшение потерь воды достигается сокращением продолжительности работы каналов в неполивной период года и сосредоточением расходов воды. Одновременная работа большого количества участковых и других каналов на малых расходах повышает потери воды и существенно снижает коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети. Размеры потерь ниже в тех хозяйствах, где меньше водовыделов из межхозяйственной сети. Практикой эксплуатации установлено, что на каждые 1000 *га* орошаемых земель следует иметь в хозяйствах не более 1—2 точек водовыдела. В процессе маневрирования расходами и горизонтами воды стремятся к тому, чтобы не было утечек и перелива воды через щиты, прорыва дамб каналов.

Величина потерь воды зависит также от технического состояния каналов. Как правило, они меньше в тех хозяйствах, где каналы содержатся в нормальном техническом состоянии.

Повышение коэффициента полезного действия отдельных каналов и всей сети в целом достигается проведением ряда сложных мероприятий (механическое и химическое воздействие на грунты, слагающие ложе каналов; устройство специальных противофильтрационных одежд).

Механическое и химическое воздействие на грунты заключается в их уплотнении, рыхлении ложа периодически действующих каналов, кольматации, нефтевании и битумизации русел.

При механическом уплотнении грунта уменьшается порозность, забиваются трещины, ходы червей и землероев, грунт приобретает упругие свойства, становится более прочным и устойчивым на размыв. Происходящие под действием уплотнения грунта изменения и обусловливают уменьшение фильтрации воды в каналах.

Уплотнение ложа каналов выполняют катками (Д-126А, Д-130Б, Д-390 и др.), ручными трамбовками, грунтоуплотняющими машинами ударного действия (Д-471, Э-505, Э-652, Э-1003, Э-1104, Э-10011 и др.), вибраторами. Необходимая степень уплотнения устанавливается в зависимости от назначения каналов техническими условиями. Наиболее высокий эффект получают при уплотнении связных предварительно разрыхленных на глубину 20—25 *см* грунтов при влажности 18—23%. Мелкие каналы уплотняют на глубину 0,4—0,5 *м*, крупные — на 0,6—1,0 *м* и более. При замерзании грунта и его оттаивании противофильтрационный эффект от уплотнения значительно снижается, поэтому грунт следует уплотнять на глубину, превышающую промерзание его зимой.

Эксплуатационная производительность трамбующих агрегатов за смену составляет 800—1000 $м^2$ при стоимости прямых затрат на уплотнение 1 $м^2$ грунта 2—12 коп. Потери воды в каналах, проложенных в суглинистых грунтах, в результате уплотнения снижаются в 2—4 раза. Наиболее высокая эффективность уплотнения достигается при предварительном рыхлении вспашкой ложа канала на глубину 15—20 *см* с последующим увлажнением грунта до оптимальной влажности.

Периодически действующие каналы за время отсутствия в них воды сильно высыхают. Гладкая и уплотненная поверхность ложа усиливает испарение влаги не только из верхних горизонтов, но и из более глубоких слоев грунта. В таких каналах дно и откосы рыхлят на глубину 5—8 *см*. Это нарушает капиллярную связь испаряющей поверхности с запасами влаги в более глубоких горизонтах почвы, благодаря чему предотвращается их иссушение. Кроме того, отдельные комки разрыхленной поверхности ложа каналов в период пуска воды распадаются на мелкие частицы и заполняют трещины и макропоры грунта. Все это в комплексе с уплотнением и затиранием грунта в каналах при перемещении по ним машин и механизмов, выполняющих рыхление, способствует значительному уменьшению потерь воды. По данным В. В. Шарашкина, рыхление ложа каналов уменьшает потери воды примерно в 2 раза.

Кольматация каналов происходит за счет выпадения в осадок мелких глинистых и илистых частиц. Вместе с нисходящим фильтрационным потоком они проникают в грунт, уменьшают активную порозность его, благодаря чему снижаются потери воды на фильтрацию. Если в потоке воды содержится большое количество мелких наносов, процесс кольматации каналов протекает естественным путем. При искусственной кольматации в осветленную воду вносят раствор глины.

Для кольматации песчаных грунтов на 1 $м^2$ поверхности канала вносят 5—10 *кг* глины. Каналы при этом разбивают на участки, длину которых в зависимости от уклона принимают 0,1—1 *км*. В связных грунтах эффективность кольматации возрастает при выполнении предварительного рыхления поверхности каналов на глубину 20—25 *см*.

Очень эффективна кольматация в сочетании с уплотнением грунта: в зависимости от кольматирующего материала и последующего уплотнения потери воды на фильтрацию снижаются в 8—25 раз.

Нефтевание уменьшает активную порозность грунта за счет пропитывания его органическими вяжущими веществами. Достигается это внесением 10—12 *кг* нефти из расчета на 1 $м^2$ поверхности канала при температуре 140—150° С. Нефтевание уменьшает потери воды на фильтрацию из каналов в 2—4 раза, а в некоторых случаях в 10—12 раз. Поверхность канала перед

нефтеванием очищают от растительности и рыхлят на глубину 8—10 *см*. После этого грунт доводят до влажности 60—65% полевой влагоемкости и в 2—3 приема обрабатывают нефтью. На обработанную нефтью поверхность каналов наносят слой грунта 1—2 *см* и утрамбовывают. После такой обработки каналы не зарастают в течение 3—4 лет и сохраняют приобретенную водонепроницаемость в течение 4—5 лет.

Битумизацию грунта проводят смесью битума в виде эмульсии с песчаным грунтом или горячей эмульсией. В первом случае битумную эмульсию нагревают до температуры 50° С, смешивают с песчаным грунтом в объеме 16—24%, наносят на поверхность и уплотняют; во втором — битумную эмульсию нагревают до температуры 150° С и впрыскивают в грунт каналов из расчета 4—9 *кг* на 1 $м^2$ поверхности. Для приготовления эмульсии обычно используют битум марки II. Количество битума в эмульсии должно быть 40—50%. Потери воды на фильтрацию за счет обработок грунта каналов битумной эмульсией уменьшаются в 2—4 раза. Срок службы — 3—4 года.

Противофильтрационные одежды, применяемые в настоящее время, подразделяются на земляные, каменные и кирпичные, бетонные и железобетонные, одежды из полимерных пленок.

Грунтовые одежды, или земляные экраны, выполняют из свободноуложенного грунта или смеси его с бентонитом.

Земляные уплотненные экраны толстые (30 *см* и более) и тонкие (5—8 *см*) с защитным слоем грунта 30—40 *см* устраивают на каналах, проходящих в песчаных, песчано-гравелистых и галечниковых грунтах. Экраны выполняют из глинистых и суглинистых грунтов. Такие экраны снижают фильтрационные потери воды на 60—80%.

Глинобетонный экран применяют в постоянных каналах со скоростью движения воды в них не более 0,7—0,8 *м/сек*. Толщина экрана 10—15 *см*. Состав смеси глинобетона: глина — 60—65%, гравий и песок 40—35%.

Погребенные экраны из бентонитовой глины с защитным слоем из местного грунта устраивают на галечниковых и песчаных, а также на связных грунтах при близком залегании грунтовых вод. Бентонит обладает высокой способностью поглощать воду, сильно набухать

и тем самым повышает водонепроницаемость грунта. При насыщении водой бентонит увеличивается в объеме в 12—15 раз, а вес поглощаемой им воды может в 5 раз превышать его собственный вес. Применяют два типа экранов из бентонита:

поверхность канала покрывают слоем бентонитовой глины толщиной 2,5—5,0 *см* и защитным слоем гравелистого грунта толщиной 15—30 *см*;

экран выполняют из смеси обычного грунта и бентонитовой глины. Толщина слоя смеси 5—8 *см*. Оптимальное содержание бентонита (5—25%) с грунтом подбирают в лаборатории. На поверхности экрана создают защитный слой из обычного грунта.

Каменные и кирпичные одежды чаще всего применяют в горных и предгорных районах (Армения, Киргизия), где камень является местным строительным материалом. Одежду каналов выполняют в виде:

мостовой из булыжного или рваного камня с естественным или искусственным заилением промежутков между камнями;

облицовки в один или два ряда кирпича или из плитняка на растворе;

прямоугольных лотков из камня или кирпича на растворе.

За счет каменной или кирпичной одежды потери воды на фильтрацию в каналах снижаются в 5—7 раз. Однако из-за трудности механизации работ по облицовке каналов камнем и кирпичом этот способ очень дорогой, поэтому даже в районах с достаточным количеством камня он малоперспективен.

Бетонные или железобетонные одежды и конструкции относятся к числу наиболее капитальных мероприятий по борьбе с потерями воды на фильтрацию. В последние годы они получили довольно широкое распространение в ирригационной практике нашей страны и за рубежом. Облицовку каналов бетоном и железобетоном выполняют в виде:

монолитного покрытия;

сборной одежды из железобетонных плит;

лотков различного сечения из обыкновенного или предварительно напряженного железобетона.

При покрытии каналов монолитным бетоном толщину облицовки принимают в зависимости от класса сооружений 8—20 *см*, железобетонной — 5—8 *см*. Такую же

толщину имеют сборные железобетонные плиты. В каналах с бетонной облицовкой скорость воды допускается до 3—5 *м/сек*. Снижение потерь воды на фильтрацию достигает 80—90%, сокращается объем очистки каналов от наносов, уменьшаются затраты на эксплуатацию каналов.

Железобетонные лотки параболического, сегментного, полуциркульного и других типов поперечного сечения

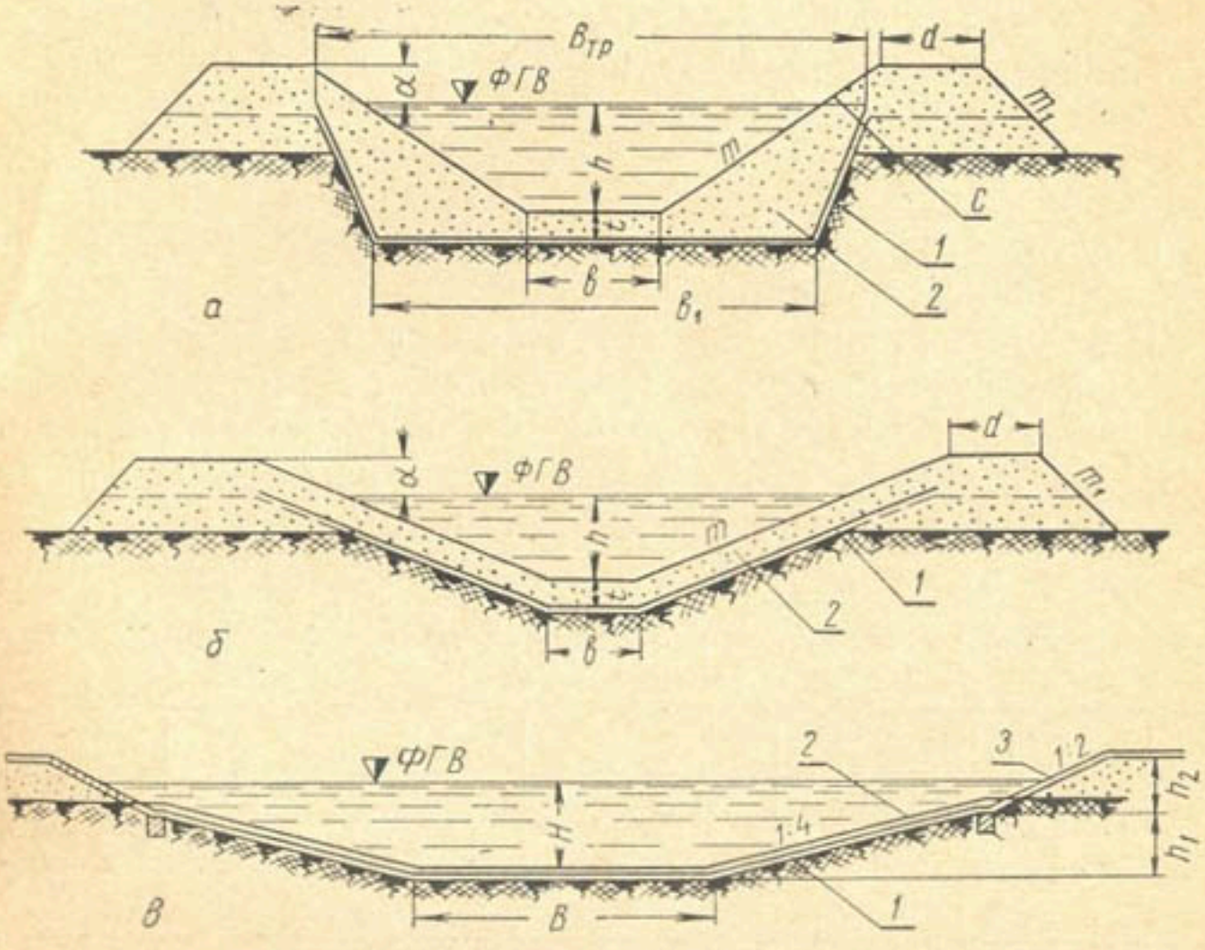


Рис. 17. Схемы устройства пленочных экранов на каналах:
а — траншейная; *б* — периметрическая; *в* — комбинированная; *1* — пленка; *2* — защитный слой грунта; *3* — железобетон.

применяют для устройства внутрихозяйственных каналов. Лотки имеют длину 6 *м*, а в некоторых случаях 8 *м*. Каждую секцию лотка устанавливают на опоры. Пропускная способность лотков колеблется от 250 до 900 *л/сек* при допустимой скорости движения воды до 5 *м/сек*. Чаще всего рабочие скорости движения воды в лотках принимают в пределах 1,0—3,8 *м/сек*.

Одежды из полимерных пленок устраивают на любых грунтах, требующих проведения противофильтрационных мероприятий. Пленочные экраны из поливинила, полиэтилена, бризола и изола длительное

время сохраняют водонепроницаемость. Укладывают их по траншейной, периметрической или комбинированной схеме с защитным слоем грунта для каналов с расходом до 0,5 *м³/сек* не менее 0,2 *м*, для каналов с большими расходами — не менее 0,3 *м*. Траншейную схему применяют в связных и песчаных грунтах, периметрическую — в любых грунтах, комбинированную — в любых грунтах на крупных каналах (рис. 17).

В целях предупреждения повреждения пленки растительностью основание под нее и защитный слой обрабатывают гербицидами. На каналах, зарастающих тростником, применяют трихлорацетат натрия в дозе 150 *кг/га* или далапон — 25 *кг/га*, при смешанной растительности — атразин или монурон в дозе 25 *кг/га* и некоторые другие гербициды.

Наиболее рационально строительство закрытых оросительных систем из железобетонных, асбестоцементных и других видов трубопроводов. Фильтрационных потерь воды на таких системах практически нет; коэффициент полезного действия их поднимается до 0,95 и выше.

Таблица 12

Эффективность применения различных противофильтрационных мероприятий

Вид мероприятий	Потребность в материалах на 1 $м^2$ поверхности канала	Стоимость 1 $м^2$, руб.	Срок службы, лет	Сокращение потерь по сравнению с земляным руслом, %
Бетонная облицовка . .	0,07—0,20 $м^3$	3—8	50	До 95
Железобетонная облицовка	0,05—0,10 $м^3$	3—4	50	95
Асфальтобетонная облицовка	0,03—0,08 $м^2$	2	5—6	До 98
Глиняная облицовка . .	0,10—0,35 $м^3$	0,3—0,4	10	До 85
Облицовка из известкового грунтобетона . .	0,10—0,15 $м^3$	0,2—0,3	2—3	До 70
Экран из пластмассовых пленок	50—270 *г*	1—2	—	До 95
Нефтевание грунта . .	4—15 *кг*	0,2	4—5	До 60
Кольматация грунта глиной	4—5 *кг*	0,112—0,03	12	До 60
Рыхление грунта . .	—	0,01	—	10—20
Затирание грунта . . .	—	0,01	—	10—20
Уплотнение грунта:				
поверхностное	—	0,02	1—3	60
глубокое	—	0,06—0,12	7—10	80

Сравнительные данные по эффективности применения противофильтрационных мероприятий на каналах оросительных систем приведены в таблице 12.

При выборе способа борьбы с потерями воды на фильтрацию следует учитывать уровень механизации работ по устройству противофильтрационных одежд. В настоящее время наиболее механизированы работы по устройству бетонных и железобетонных одежд, уплотнению грунта (уплотнение грунтов — один из самых дешевых и простых способов) и в наименьшей степени — работы по укладке полимерной пленки. Однако работы по укладке пленки поддаются полной механизации. Поэтому есть все основания полагать, что антифильтрационным одеждам из полимерных пленок принадлежит большое будущее.

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Понятие о плане развития системы. Улучшение и реконструкцию внутрихозяйственной сети на оросительных системах проводят ежегодно в соответствии с планом развития системы, который состоит из реконструктивной схемы и схемы эксплуатационных улучшений.

План развития системы составляют на основе детального изучения современного состояния оросительной системы в целом и ее отдельных звеньев: анализируют материалы по использованию водных и земельных ресурсов, балансу грунтовых вод, перспективные планы развития хозяйств-водопользователей, данные повседневных наблюдений эксплуатационными работниками на оросительной системе, а также материалы и проработки проектных и научно-исследовательских организаций.

В плане разрабатывают вопросы повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения эксплуатационных показателей оросительной системы, изыскивают возможности улучшения водообеспеченности поливных земель путем упорядочения водозабора и водораспределения, регулирования подачи, рационального использования воды в хозяйствах; предусматривают систему мероприятий по улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель и расширению площади полива; большое внимание уделяют проведению мероприятий по повышению коэффициента полезного действия межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной

сети, улучшению организационного обслуживания системы и ее технического оснащения водомерными постами и другими сооружениями. Особое место занимают внедрение новой техники в производство всех видов эксплуатационных работ, автоматизация и телемеханизация отдельных узлов, звеньев или процессов.

При составлении плана развития системы определяют объемы работ, их ориентировочную стоимость, очередность и эффективность мероприятий.

Работы по улучшению и переустройству внутрихозяйственной оросительной сети направлены на совершенствование технического состояния каналов и сооружений, внедрение новых форм организации орошения. Большое внимание уделяется оснащению водовыделов водомерными сооружениями и устройствами, переходу на более совершенные и производительные способы полива, проведению планировочных работ на полях. Реконструкция внутрихозяйственной части оросительных систем включает работы по переустройству и укрупнению поливных участков, улучшению постоянной оросительной, коллекторно-сбросной и дорожной сети, оснащению оросительной сети дополнительными сооружениями, проведению противофильтрационных мероприятий.

Основные показатели технического состояния оросительных систем. Содержание и объемы работ по улучшению и переустройству внутрихозяйственной сети устанавливают в зависимости от технического состояния оросительной системы. В практике оросительные системы принято классифицировать на четыре разряда.

К первому разряду относят участки с хорошим техническим состоянием оросительной сети, внутрихозяйственная часть которых упорядочена не менее чем на 80% площади. На таких системах площадь одновременной обработки не стесняет механизацию процессов возделывания сельскохозяйственных культур. На 1000 *га* орошаемой площади приходится в среднем не более двух точек водовыдела в хозяйства (допустимо отклонение в некоторых случаях до трех) и не менее 50 инженерных сооружений. Засоленных земель нет. Минерализованные грунтовые воды с содержанием солей более 5 *г/л* залегают ниже 4 *м* от поверхности или нет вообще. Водообеспеченность хорошая. Коэффициент полезного действия внутрихозяйственной сети не ниже

0,80—0,85. Сбросная и коллекторно-дренажная сеть обеспечивает своевременный отвод излишней воды за пределы орошаемой территории. Такая оросительная сеть не нуждается в переустройстве. Здесь проводят лишь работы, направленные на совершенствование элементов техники и способов полива, учета и распределения оросительной воды. Могут быть запланированы противофильтрационные и некоторые другие мероприятия по улучшению технического состояния оросительной сети и дооборудованию гидротехническими сооружениями.

Ко второму разряду относят орошаемые участки, требующие частичного переустройства и дооборудования. Постоянная сеть каналов на таких участках находится в удовлетворительном состоянии, упорядочена на площади 65—80%. Часть каналов и сооружений нуждается в переустройстве. На 1000 *га* орошаемых земель в среднем имеется не более 3 водовыделов в хозяйства; в отдельных случаях допускается увеличение числа их до 5. Засоленных земель нет, однако наблюдаются процессы сезонного засоления из-за высокого залегания уровня грунтовых вод. Общая площадь земель с глубиной залегания грунтовых вод 3—4 *м* и содержанием солей, превышающим 5 *г/л,* не более 20%.

К системам второго разряда относятся также участки с коэффициентом полезного действия оросительной сети 0,66—0,75. На таких системах в среднем на 1000 *га* орошаемых земель имеется от 30 до 50 сооружений, причем не менее 75% из них инженерного типа.

Техническое состояние оросительных систем третьего разряда ниже удовлетворительного. Внутрихозяйственная сеть упорядочена на площади 50—65%. Существующая на системах сбросная и коллекторная сеть не обеспечивает своевременного отвода избыточных вод и нуждается в переустройстве. Из расчета на 1000 *га* орошаемой площади приходится в среднем более 4 водовыделов в хозяйства, а в отдельных случаях число их доходит до 7, линейных сооружений менее 30, из них инженерных — 51—75%. Засоленные в той или иной степени земли составляют не более 50%. Минерализованные грунтовые воды залегают на глубине 2—3 *м* на площади, не превышающей 30%. Коэффициент полезного действия системы низкий — 0,51—0,65.

На оросительных системах, отнесенных к третьему разряду, требуется проведение значительных работ по

переустройству и дооборудованию внутрихозяйственной оросительной сети.

К четвертому разряду относят оросительные системы, которые находятся в плохом состоянии и нуждаются в коренном переустройстве и дооборудовании внутрихозяйственной оросительной сети.

Переустройство внутрихозяйственной сети выполняют по этапам сами хозяйства или по договорам водохозяйственные строительные организации.

Объем капитальных вложений на проведение работ по улучшению, дооборудованию и переустройству оросительных систем в 3—5 раз меньше затрат, которые требуются на освоение целинных земель. Поэтому приведение в порядок всех действующих орошаемых земель, улучшение их мелиоративного состояния и повышение водообеспеченности имеют большое народнохозяйственное значение.

Основная особенность при переустройстве внутрихозяйственной сети заключается в том, что удельные объемы работ сравнительно невелики и рассредоточены на значительной площади.

Основные показатели по улучшению и переустройству оросительных систем — повышение урожайности сельскохозяйственных культур и снижение затрат оросительной воды и денежных средств на производство единицы продукции. Сравнительная оценка дается по изменению площади орошения до и после переустройства, коэффициенту использования земли, коэффициенту полезного действия системы и отдельных каналов. Немаловажное значение имеет улучшение водообеспеченности орошаемых земель. Суммарная и удельная протяженность оросительных и дренажных каналов в результате переустройства доводится до оптимальных размеров.

Для создания нормальных условий эксплуатации на 1000 *га* орошаемых земель на инженерных системах рекомендуется иметь 50—60 регулирующих сооружений, 1—2 водовыдела в хозяйства, 12—15 гидрометрических постов, 8—10 *км* телефонных линий, до 8 *км* служебных дорог. Ориентировочные затраты на строительство внутрихозяйственной сети при удельной протяженности ее не более 20 *м/га* составляют: в земляном русле — 47 *руб/га,* облицованной — 100, выполненной в лотках — 170 и в трубопроводах — 205 *руб/га*. Затраты на организацию гидрометрических постов, оснащенных автома-

тизированными приборами и устройствами для учета воды, примерно 4—5 *руб/га*.

В процессе улучшения и переустройства оросительных систем выполняют работы по планировке и выравниванию поверхности поливных площадей. Объем планировки колеблется от 100 до 600 *м³/га*, соответственно стоимость работ изменяется в пределах 25—148 *руб/га*.

Показателем улучшения или переустройства внутрихозяйственной части оросительных систем является также изменение общего и удельного количества наносов в каналах, улучшение степени спланированности полей, обсадка орошаемой площади лесополосами, оснащение мелиоративными машинами и механизмами.

В целях улучшения эксплуатации государственных оросительных систем, каналов и коллекторов, обеспечения экономного и правильного использования воды, улучшения водообеспеченности орошаемых земель согласно постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16 июня 1966 г. в нашей стране на пятилетний период с 1966 по 1970 г. во всех зонах проведены значительные работы по реконструкции оросительных систем.

Особенно большие объемы работ были намечены по реконструкции оросительных систем и повышению водообеспеченности их.

В результате выполнения работ по переустройству оросительных систем удельная протяженность оросительных каналов из расчета на 1000 *га* поливных земель в 1965 г. составила 31 *км*, а в 1967 г. увеличилась до 34 *км*. По внутрихозяйственной сети эти показатели изменились соответственно с 23,8 до 25,7 *км*. Повышается оснащенность оросительной сети гидротехническими сооружениями. Если в 1966 г. на 1000 *га* в среднем по стране приходилось 28 сооружений, то в 1967 г. их стало 34. Особенно хорошо оснащены гидротехническими сооружениями оросительные системы Российской Федерации: на 1000 *га* орошаемой площади приходится до 94 сооружений.

Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении эксплуатации мелиоративных систем и использовании орошаемых и осушенных земель» (1970 г.) намечены задания по мелиоративному улучшению и планировке орошаемых земель, повышению их водообеспеченности, реконструкции действующих оросительных систем на 1971—1975 гг.

V. ГИДРОМЕТРИЧЕСКАЯ СЛУЖБА НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

НАЗНАЧЕНИЕ И ВИДЫ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ ПОСТОВ

Систематический и строгий учет оросительной воды является одним из главных условий правильного и экономного ее использования.

Учет воды во всех звеньях оросительной системы — от головного сооружения на источнике орошения до внутрихозяйственных каналов — способствует успешному проведению в жизнь системных и внутрихозяйственных планов водопользования, оказывает существенное влияние на рациональное использование оросительной воды, способствует правильному водораспределению, позволяет своевременно устранять причины ненормального использования воды, стимулирует улучшение системы оплаты труда по водопользованию и другим видам эксплуатационных работ.

Организацией и проведением учета воды на оросительной системе занимается гидрометрическая служба, которая состоит из гидрометров, наблюдателей и регулировщиков. На гидрометрический персонал возлагается проведение наблюдений и измерений, обработка материалов, составление сводок, инвентарно-технических ведомостей, отчетов, выполнение тарировочных работ по сооружениям и каналам.

Все гидрометрические наблюдения и измерения оформляют в виде документов по установленной форме. К основным документам относятся: полевой журнал, в который заносятся данные наблюдений; бланки измерений и подсчета суммарных объемов и суточных расходов воды; балансовая ведомость по расходованию воды хозяйствами, участками и системой; ведомость коэффи-

циентов полезного действия оросительной сети, ведомость многолетних наблюдений за источником орошения.

На оросительных системах оборудуют гидрометрические посты нескольких видов:

опорные — на источниках орошения (у головного участка системы) для определения и учета водных ресурсов;

головные — в голове магистральных каналов системы для учета забора воды из источника орошения;

посты оперативного учета — на узлах распределения в головах ветвей магистрального канала и в пунктах выдела в хозяйства для учета поданной им воды;

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

балансовые — состоят из главного поста, постов на границах балансовых участков, постов на коллекторах и водосборах и служат для определения баланса водных ресурсов и фактических потерь в оросительной сети. Объем воды, оставшийся на системе, равен разности между объемом, поступившим на систему, и объемом воды, сброшенным за пределы системы;

специальные — для выполнения научно-исследовательских и изыскательских работ.

Пост на источнике орошения представляет собой гидрометрический створ, оборудованный рейками. Между показаниями этого поста и показаниями поста в голове системы устанавливают определенную зависимость путем проведения параллельных наблюдений.

Пост балансового учета оборудован мостиком и рейкой для замера горизонтов воды. Зная горизонты, определяют по тарировочной кривой расходы воды. При наличии водомерных сооружений для учета воды необходимость в гидрометрических створах отпадает.

Наблюдения на главных и балансовых гидрометрических постах обычно проводят 3 раза в сутки — в 7, 13 и 19 *ч*. В зимнее время, когда вода используется только на водоснабжение населенных пунктов, ограничиваются двухразовым наблюдением — в 7 и 13 *ч*.

Посты оперативного учета на узлах распределения воды обычно представляют собой регуляторы-водомеры, которые автоматически делят расходы воды между отводами. В верхнем и нижнем бьефах отводящего канала устанавливают водомерные рейки. По напору и площади открытия отверстия сооружения определяют расход воды.

Для учета количества поступающей воды в хозяйственные отводы может быть использовано само русло канала — участок с устойчивым поперечным сечением. Глубину воды определяют по рейке. Русло канала предварительно тарируют и составляют тарировочную кривую зависимости расхода воды от глубины наполнения канала. Для более точного учета воды устанавливают специальные устройства — водомеры.

Учет воды особенно сложен на внутрихозяйственной оросительной сети из-за большого количества пунктов распределения и потребления воды. В этих условиях к сооружениям по учету воды предъявляются повышенные требования: они должны обеспечивать более высокую точность и непрерывность учета и в то же время отличаться простотой выполнения замеров расхода воды.

Наиболее приемлемые водомерные сооружения — водомерно-регулирующие. Ими оборудуют хозяйственные водовыпуски, головы участковых распределителей и временные оросители.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ВОДОИЗМЕРЕНИЯ. ВИДЫ ВОДОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ПРИБОРОВ

Применение различных водоизмерительных приборов и методов водоизмерения зависит от пропускной способности каналов и размеров гидросооружений. Все водомерные сооружения на оросительных каналах можно разделить на следующие группы: водомерные посты, регуляторы-водовыпуски, водомерные сооружения, автоматы, водомеры и другие устройства.

Русловые гидрометрические посты — один из наиболее распространенных способов учета воды в оросительных каналах, несмотря на его трудоемкость (приходится выполнять большой объем полевых работ и много затрачивать времени на обработку полученных данных измерений), а на больших каналах — единственно возможный.

Сущность этого способа заключается в том, что по многократным вертушечным замерам скоростей и промерам глубины в створе канала устанавливают в виде таблицы или графика зависимость между глубиной воды в канале и расходом.

Створ выбирают на устойчивом или облицованном участке канала. Участок не должен подвергаться деформации и заилению, испытывать влияния переменного во времени подпора или спада воды от ниже расположенного сооружения.

Глубину воды в створе определяют по рейке с сантиметровыми делениями. Рейку закрепляют к свае или прибивают к стенке сооружения.

Русло канала тарируют в следующем порядке. В выбранном створе (поперечнике) устанавливают расположение вертикалей для замера скоростей. При ширине канала менее 5 *м* принимают 3—4 вертикали, при ширине от 6 до 20 *м* — 5—6 вертикалей, при большей ширине — 7—8 вертикалей. В зависимости от глубины воды в канале на каждой вертикали замеряют 1—3 скорости. При трех точках скорости определяют на уровне 0,2, 0,6, 0,8 глубины от поверхности; при двух точках — 0,2 и 0,8 глубины, а в одной точке — на расстоянии 0,6 глубины.

Средняя скорость при трех точках на вертикали

$$v_{ср} = \frac{v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}}{4};$$

при двух точках

$$v_{ср} = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2};$$

при одной точке

$$v_{ср} = v_{0,6} \ м/сек.$$

В соответствии с расположением вертикалей разбивают сечение канала на отдельные элементарные площадки (треугольники, прямоугольники) и затем определяют расходы по каждой площадке. Сумма всех частных расходов и составляет расход по всему сечению канала.

Для определения скоростей течения в точках вертикали применяют в основном гидрометрические вертушки Жестовского (Ж-3) и Бурцева (ГР-11).

Для непрерывной записи горизонтов воды в створе используют специальные приборы — самописцы или лимниграфы. По кривой записи самописца или лимниграфа определяют глубину воды в канале, а по глубине — расход для любого момента и средний за определенный

период. Все эти приборы имеют одинаковый принцип работы. Состоят они из трех основных частей: барабана, вращающегося с помощью часового механизма, поплавка и пера с передаточным устройством. Перемещение поплавка по высоте передается перу самописца. Перо вычерчивает кривую измерения горизонта воды на ленте барабана в определенном масштабе (по горизонтали — время, по вертикали — уровень).

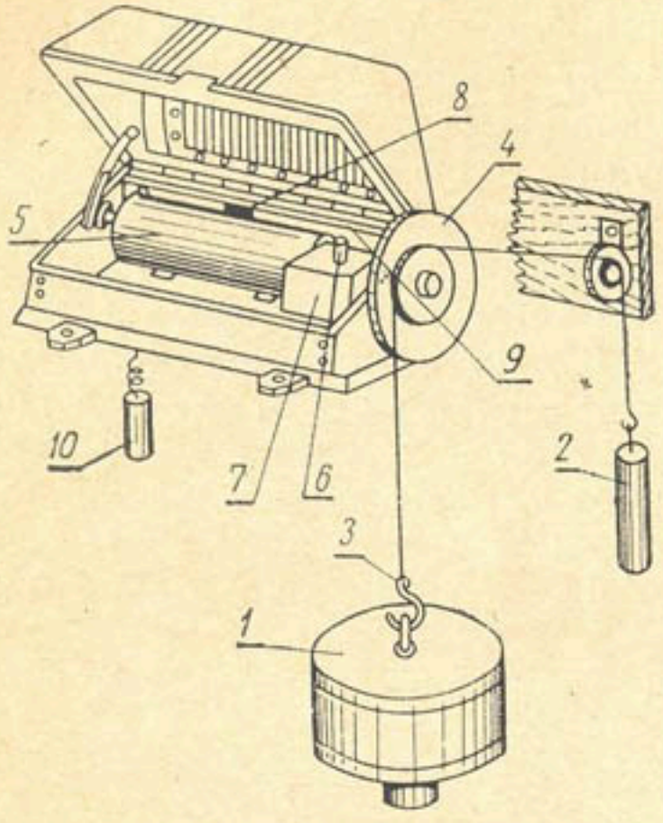


Рис. 18. Самописец «Валдай»:
1 — поплавок; *2* — противовес; *3* — зажим; *4* — поплавковое колесо; *5* — барабан; *6* — барабанчик; *7* — водонепроницаемый кожух; *8* — каретка с пером; *9* — струна; *10* — гиря.

В последнее время повсеместное распространение получил самописец уровня «Валдай» (СУВ-М). Предел регистрации уровня воды 6 *м*. Уровень записывается в масштабе 1 : 1; 1 : 2; 1 : 10; время — в масштабе 12 *мм/н* и 24 *мм/ч*.

Конструктивная схема прибора приведена на рисунке 18.

Учет воды с помощью протарированных регуляторов-водовыпусков. Для использования регулирующих и вододелительных сооружений в качестве водоизмерительных необходимо найти фактическое значение коэффициента расхода воды в соответствующих формулах. Общая формула расхода воды, пропускаемого через сооружения, имеет вид:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gz},$$

где Q — расход воды, $м^3/сек$;
μ — коэффициент расхода;
ω — площадь отверстия сооружения, через которое протекает поток, $м^2$;
g — ускорение силы тяжести (9,81 $м/сек^2$);
z — действующий напор, *м*.

Величины ω и z, входящие в формулу, могут быть определены непосредственным измерением. Следовательно, для вычисления Q остается неизвестным только коэффициент расхода μ. Значение его находят путем тарировки сооружения.

Для тарировки сооружения в верхнем и нижнем бьефах устанавливают рейки (желательно на одном уровне для более быстрого определения напора воды). В отводящем канале оборудуют гидрометрический створ, в котором определяют расходы воды при разных напорах z (разность показаний по верхней и нижней рейкам); одновременно замеряют площадь отверстия сооружения.

Коэффициент расхода подсчитывают по формуле:

$$\mu = \frac{Q}{\omega \sqrt{2gz}}.$$

Изменяя площадь отверстия и напор, находят зависимость расхода воды от этих величин, что даст возможность составить таблицу коэффициентов расхода в зависимости от площади отверстия и напора. Найденные коэффициенты расходов позволяют составить таблицу зависимости расхода воды от площади отверстия сооружения и напора, которым обычно и пользуются при учете воды.

Для незатопленного водослива коэффициент расхода определяют по формуле:

$$\mu = \frac{Q}{b_{сж} \sqrt{2g} H_0^{3/2}} = \frac{Q}{4{,}43 b_{сж} H_0^{3/2}},$$

где напор с учетом скорости подхода:

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g};$$

$b_{сж} = Gb$ (b — ширина порога, $м$);

$G = (0{,}8—0{,}9)$ — коэффициент сжатия.

Коэффициент расхода находят только в зависимости от напора H_0. Зная эту зависимость, расход воды определяют по формуле:

$$Q = 4{,}43 \mu b_{сж} H_0^{3/2} \ м^3/сек.$$

Пользуясь формулой, составляют график зависимости расхода от напора. Порядок тарировки аналогичен рассмотренному выше.

Водомерные сооружения делятся на регулирующие и нерегулирующие. Первые позволяют одновременно измерять и регулировать расходы, вторые служат только для учета расхода. Водомеры-регуляторы устанавливают на узлах распределения, водовыделах в хозяйства и постоянных внутрихозяйственных каналах, лотках, трубопроводах. Водомерные сооружения оборудуют водомерными устройствами, приборами, механизмами, а иногда только рейками. В зависимости от сложности обору-

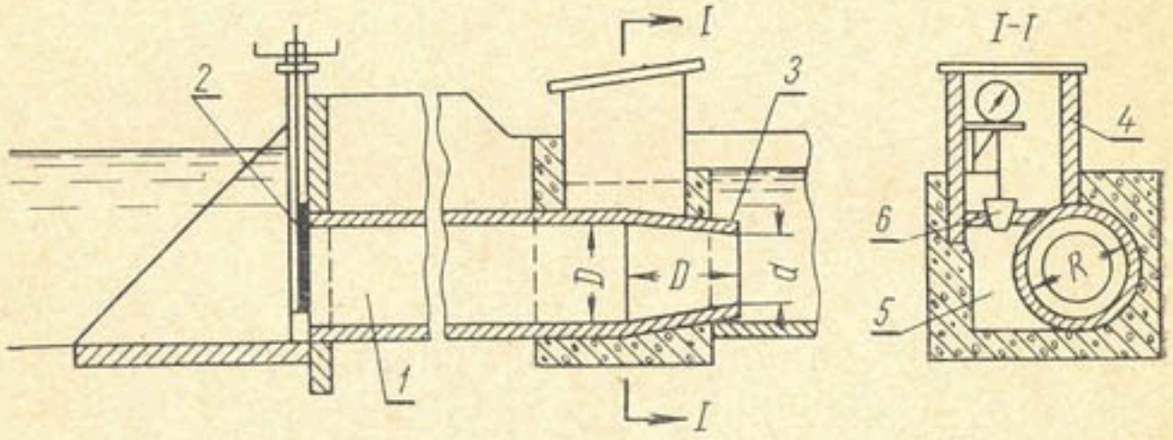


Рис. 19. Трубчатый водомер-регулятор с насадком:
1 — труба водовыпуска; *2* — щитовое устройство; *3* — водомерный насадок; *4* — верхняя камера колодца с прибором ДРС; *5* — нижняя камера колодца; *6* — патрубок с поршнем.

дования можно определять только горизонты, расходы или суммарное количество поданной воды либо одновременно и расходы и суммарное количество поданной воды.

Механизированный непрерывный учет проходящего через сооружения расхода воды намного сокращает затраты труда по эксплуатационной гидрометрии. Наиболее приемлемые конструкции водомерных сооружений и автоматических устройств — трубчатые водомеры-регуляторы со сходящимися насадками (ТВС), трубчатые водомеры-регуляторы с кольцом (ТВС); открытые и трубчатые регуляторы с водомерными приставками; водомеры для трубопроводов закрытых систем; автоматы, с помощью которых поддерживаются постоянные расходы и горизонты воды в каналах, и др.

Трубчатый водомер-регулятор со сходящимся насадком (конструкции М. В. Бутырина) состоит из щитового устройства, трубы и водомерного конически сходящего-

ся насадка (рис. 19). Труба и насадок могут быть и круглого и прямоугольного сечения. Диаметр выходного отверстия насадка равен 0,74 диаметра трубы, то есть

$$d = 0{,}74D.$$

Длина круглого насадка равна диаметру выходного отверстия, или $l = D$.

Трубы прямоугольного сечения имеют ширину в 2 раза большую высоты. Высота входного отверстия насадка равна $^2/_3$ высоты трубы, а ширина — $^4/_3$ высоты трубы. Длина прямоугольного сечения насадка равна ширине трубы.

Расход воды, проходящей через насадок, подсчитывают по формуле:

$$Q = k\omega\sqrt{z},$$

где k — общий коэффициент водомера;
ω — площадь выходного отверстия насадка;
z — разность горизонтов воды в трубе перед насадком и в нижнем бьефе (за выходным отверстием насадка).

Разность между горизонтом в трубе перед насадком и горизонтом воды в нижнем бьефе определяют по рейкам, установленным в разных камерах двухкамерного колодца. Первая камера колодца соединена с трубой, вторая — с нижним бьефом.

Разность горизонтов воды в трубе и в нижнем бьефе может быть определена также с помощью специальных приборов. В этом случае колодец делят горизонтальной стенкой на верхнюю и нижнюю камеры. Первую соединяют с трубой, а вторую — с нижним бьефом. В стенке делают отверстие, куда и вставляют прибор, воспринимающий разность давлений, например водомер ВДГ-58, динамический указатель ДРС, диафрагмовый водомер К. С. Глубшева. Конструкция водомера ВДГ-58 показана на рисунке 20. Диаметр выходного отверстия насадка изменяется от 222 до 7 *мм*; расход воды в зависимости от диаметра трубы и напора — от 30 до 1100 *л/сек*.

Трубчатые водомеры-регуляторы обычно имеют круглое сечение. Расход воды, проходящей через насадок, определяют по формуле:

$$Q = \mu\frac{\pi D^2}{4}\sqrt{2gz} = \mu\,0{,}785\,D^2\sqrt{2gz}.$$

Коэффициент расхода μ при длине трубы 7—10 D равен 0,495. Подставляя его значение в формулу, получаем:

$$Q = 1{,}72D^2\sqrt{z}$$

или

$$Q = 3{,}9d^2\sqrt{z},$$

где Q — расход воды, $м^3/сек$;
D — диаметр трубы, $м$;
d — диаметр выходного отверстия насадка, $м$;
z — разность горизонтов бьефов, $м$.

Дифференциальный и диафрагмовый приборы К. С. Глубшева (ВПГ и ВДГ) предназначены для уста-

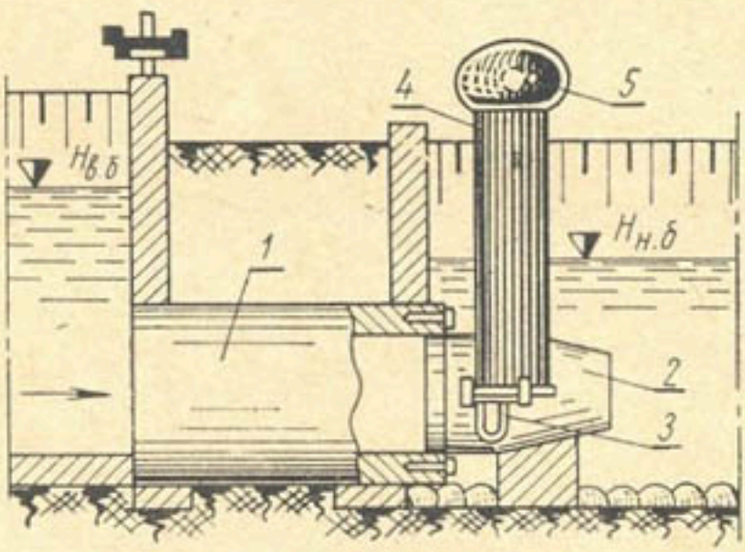


Рис. 20. Водомер ВДГ-58 на трубчатом водовыпуске:
1 — водовыпуск; *2* — насадок; *3* — патрубок; *4* — пьезометрические трубки; *5* — головка водомера.

новки на сооружениях типа конического насадка, работающего в комплексе с трубовыпуском и непосредственно в русле канала — в подпорной стенке.

В поплавковом водомере (ВПГ) разность горизонтов в верхнем и нижнем бьефах воспринимается с помощью двух поплавков, расположенных в изолированных друг от друга колодцах. Поплавки соединены между собой гибкой тягой, переброшенной через ролик. Ролик соединен с осью передаточного механизма, который и показывает расход воды.

В водомере ВДГ-58 в качестве передатчика разности давлений на прибор служит диафрагма. В соответствии с разностью давлений специальные механизмы показывают расход и сток воды.

В настоящее время завод ирригационного приборостроения Министерства мелиорации и водного хозяйства Узбекской ССР выпускает более совершенный прибор — динамический расходоуказатель ДРС-60 (рис. 21). Применяют его при разности давлений в водомерной части сооружения от 10 до 60 *см*. Этот же завод выпускает роторный счетчик стока (СВН).

Действие обоих приборов основано на разности давлений в водомерной части сооружения, образующейся в результате сжатия потока. В расходоуказателе (ДРС-60) поршень под влиянием разностей давлений в специальном колодце (сверху большего сечения, а снизу меньшего) перемещается в патрубке. Через патрубок проходит расход, пропорциональный общему расходу водомера-регулятора. Стрелка на градуированном циферблате показывает расход воды в *л/сек* или *м³/сек*.

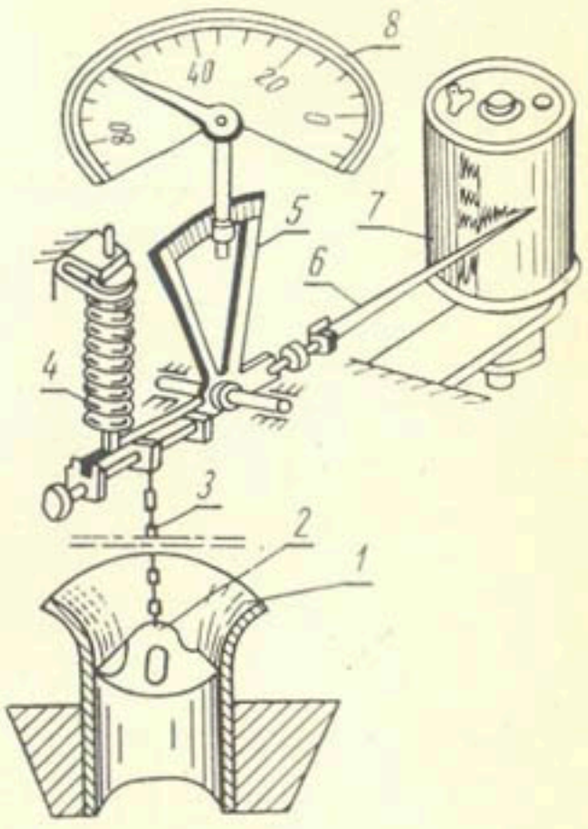


Рис. 21. Динамический расходоуказатель ДРС-60:

1 — патрубок; *2* — поршень; *3* — подвес; *4* — пружина; *5* — сектор; *6* — рычаг с пером; *7* — барабан самописца; *8* — циферблат.

В патрубке роторного счетчика стока вместо поршня установлена турбинка, которая под действием проходящего через патрубок тока воды, вызываемого разностью давлений в колодце, вращается. На шкале циферблата механизм расходоуказателя показывает расход, а счетный механизм по типу автомобильного спидометра, суммируя число оборотов турбинки, показывает объем поданной воды*.

Динамический расходоуказатель ДРС-60 применяют в водомерных приставках, являющихся входными оголовками открытых и трубчатых регуляторов (рис. 22).

---

* Подробное описание ДРС-60 и СВН см. «Сооружения для распределения и учета воды при орошении» В. Я. Попова, 1966.

Приставка представляет собой короткую трубу круглого или прямоугольного сечения, над которой устроен колодец, соединенный отверстиями с верхним бьефом и приставкой (трубой). В колодце, как и в предыдущих схемах, установлен динамический расходоуказатель. При прохождении потока воды через приставку на входе создается разность давлений z, в соответствии с которой прибор показывает расход воды Q.

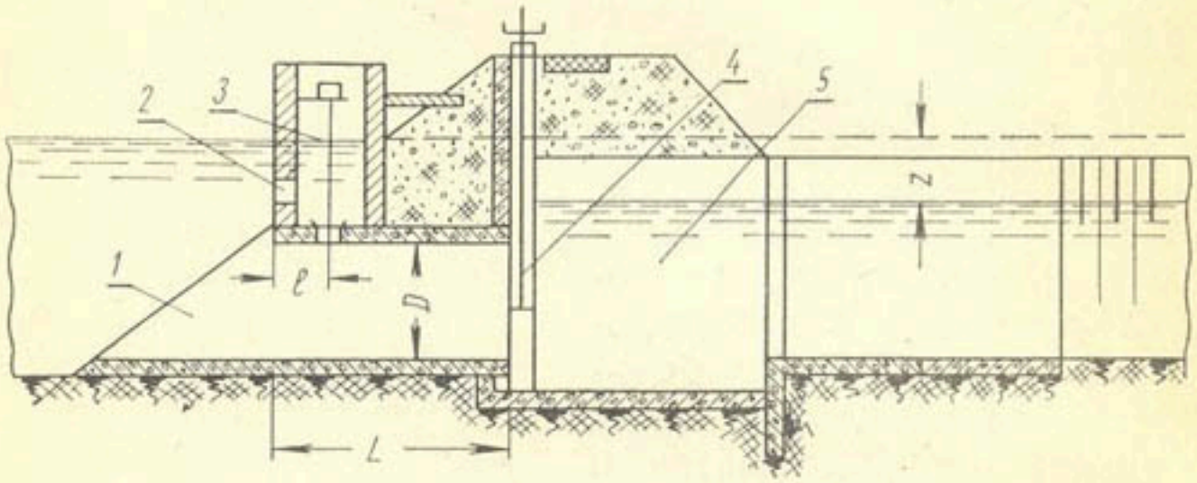


Рис. 22. Открытый регулятор с водомерной приставкой:
1 — водомерная приставка; *2* — отверстие, соединяющее верхний бьеф с колодцем; *3* — колодец с динамическим расходоуказателем; *4* — щит; *5* — водобойный колодец.

Расход воды, проходящий через регулятор, определяют по формуле:

$$Q = k\omega\sqrt{2gz},$$

где k — коэффициент расхода приставки;
ω — площадь сечения приставки, $м^2$.

Для круглого сечения трубы приставки

$$k = 0{,}57 + 0{,}08\,\frac{l}{D}$$ — при наклонном входе,

$$k = 0{,}47 + 0{,}38\,\frac{l}{D}$$ — при прямом входе.

Здесь l — расстояние, на которое патрубок прибора удален от входа приставки, $м$; D — диаметр трубы, $м$.

Для прямоугольного сечения трубы приставки

$$k = 0{,}51 + 0{,}008\,\frac{l}{a}$$ — при наклонном входе,

$$k = 0{,}52 + 0{,}38\,\frac{l}{a}$$ — при прямом входе.

где a — высота трубы, $м$.

Необходимо следить за тем, чтобы приставка работала полным сечением, что достигается опусканием щита.

В практике в качестве водомера часто используют открытый лоток с суживающейся входной и расходящейся выходной частью (рис. 23). Одни части лотка имеют постоянные размеры при любой ширине горловины, другие — в зависимости от ширины горловины. Однако для всех размеров лотков длину горловины принимают 0,60 *м*, длину выходной части 0,90 *м*, углы сопряжения боковых стенок входа со стенками горлови-

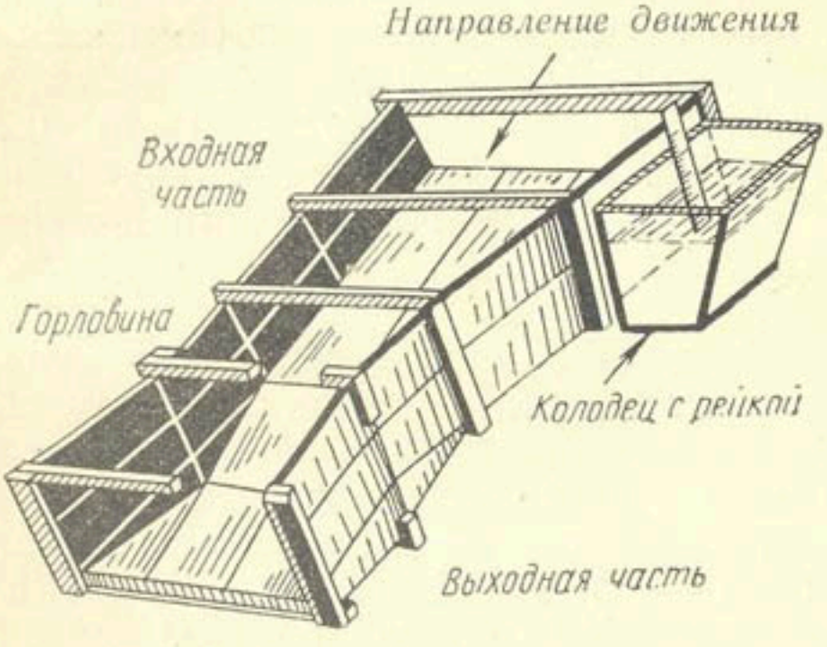


Рис. 23. Открытый водомерный лоток со сжатой горловиной.

ны 11°19′, а углы сопряжения боковых стенок выхода со стенками горловины 19°11′.

Длина входной части лотка равна 0,5 b + 1,2; ширина входа 1,2 b + 0,48; ширина выходной части b + 0,30, где b — ширина горловины (в *м*). Дно входной части горизонтальное, а дно выходной части — с обратным уклоном, равным 0,167; дно горловины с уклоном 0,375. Горловина имеет параллельные боковые стенки. У входной и выходной части лотка делают открылки, расположенные к оси лотка под углом не менее 45°. Высоту лотка обычно принимают 0,8—1 *м*; ширина горловины лотка может изменяться от 0,25 и до 3,0 *м*, расход воды — от 20 *л/сек* до 3 *м*³/*сек*.

Лотки-водомеры могут быть изготовлены из дерева, кирпича, бетона. Уровень воды в лотке замеряют рейкой, установленной с наружной стороны лотка в специ-

альном колодце-успокоителе выше порога на расстоянии $^2/_3$ длины входной части. Колодец соединен с лотком отверстием, прорезанным в боковой стенке лотка.

Расход воды, проходящей через лоток, определяют по формуле:

$$Q = 0{,}36b(3{,}28h)^{1{,}6b^{0{,}28}} \; м^3/сек,$$

где b — ширина горловины лотка, *м*;

h — глубина воды в колодце-успокоителе, *м*.

Этой формулой можно пользоваться при свободном истечении воды в лотке (неподтопленном), когда отношение глубины воды в конце горловины к глубине воды во входной части лотка меньше 0,7, или $h_2 < 0{,}7\ h_1$. Если же это отношение больше 0,7, то есть $h_2 > 0{,}7\ h_1$, лоток работает как затопленный. Тогда в приведенную формулу расхода воды вводят поправочный коэффициент, величина которого зависит от соотношения $\frac{h_2}{h_1}$. Для определения h_2 делают второй колодец в конце горловины. Точность учета воды по незатопленному лотку выше и на подсчет вылитой воды требуется меньше времени, чем при затопленном лотке. Во избежание затопления лотка следует отбирать участки под установку его по возможности с большим уклоном дна канала.

В практике расходы воды, проходящие через открытый лоток, определяют по специальной таблице (см. приложение).

Для регулирования подачи и одновременного учета воды, поступающей из старшего канала в младший, применяют сооружения более простой конструкции — парциальные водомеры-регуляторы закрытого и открытого типа, разработанные Всесоюзным институтом гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ).

Закрытый парциальный водомер-регулятор (рис. 24) состоит из короткой трубы прямоугольного сечения, щита в конце трубы для регулирования поступления воды в младший канал и счетчика, установленного в специальном колодце. В передней стенке водомера-регулятора, кроме отверстия трубы, имеется небольшое отверстие, через которое вода по отводной трубе поступает в счетчик. По расходу воды, проходящей через счетчик, определяют расход воды, проходящей через водомер-регулятор, по формуле:

$$Q = kq \; м^3/сек,$$

где k — коэффициент парциальности;

q — расход, определяемый по показанию счетчика, $м^3/сек$.

Для обеспечения постоянства коэффициента расхода верхней и боковым граням входа водомера-регулятора придают плавное очертание.

Закрытый водомер применяют при расходе канала 200 *л/сек* и выше. Для расходов воды менее 300 *л/сек* устанавливают открытый парциальный водомер-регулятор. Здесь входное отверстие перед щитом и выходное

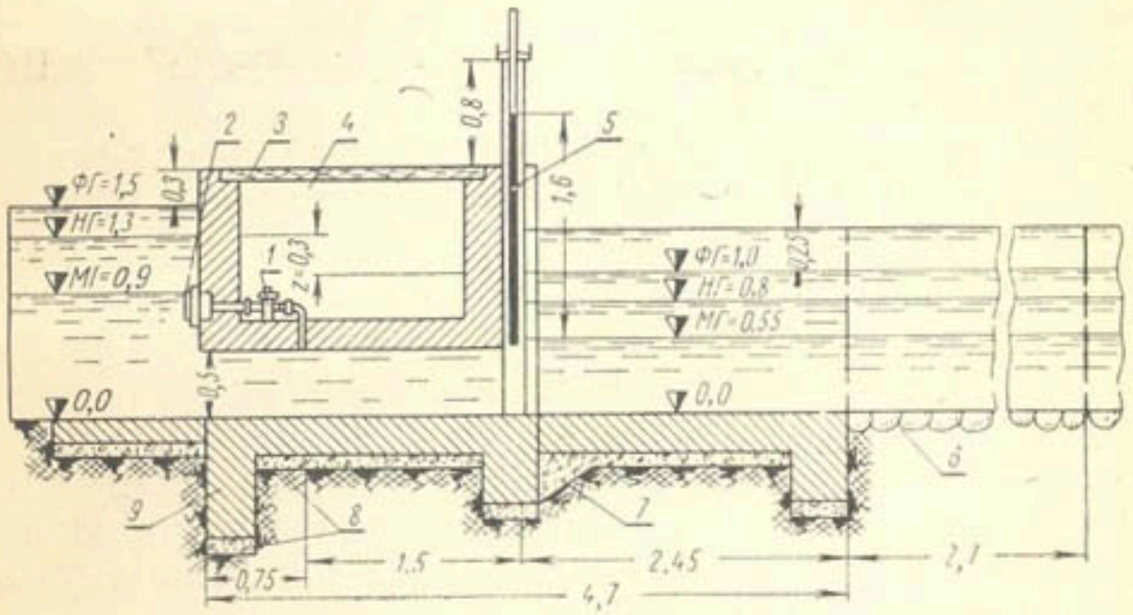


Рис. 24. Парциальный водомер-регулятор закрытого типа:
1 — счетчик; *2* — съемочная решетка; *3* — крышка люка; *4* — люк; *5* — щит; *6* — крепление из камня; *7* — обратный фильтр; *8* — втрамбованный гравий; *9* — бетон.

отверстие за щитом снабжено коническим насадком. Счетчик расположен в колодце. Оба конца трубки счетчика должны быть затоплены. Техника установки открытого типа парциального водомера сложнее, а точность измерения ниже, чем закрытым водомером, поэтому целесообразнее во всех случаях применять закрытый водомер.

Учет воды, поступающей во временную оросительную сеть. Временная оросительная сеть является связующим звеном между водоподводящими каналами и полем. Поэтому учет воды здесь приобретает особую важность в смысле контроля за фактически выливаемыми поливными нормами и коэффициентом полезного использования воды.

Временная оросительная сеть работает периодически и в общей сложности ограниченный период времени. Поэтому оборудовать ее постоянными водовыпусками нецелесообразно. Для этих целей в практике применяют переносные водоизмерительные сооружения. Прежде всего используют сифонный переносный водовыпуск. Он одновременно служит и водовыпуском и водомером. Сифоны изготовляют из кровельной стали и из пластмассы.

Расход воды, проходящей через сифон, определяют по формуле:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gz},$$

где Q — расход воды, *м³/сек*;

μ — коэффициент расхода, равный для металлических сифонов 0,80, пластмассовых 0,85;

ω — площадь сечения трубы, *м²*;

z — разность отсчетов по рейкам, установленным перед входом воды в сифон и вблизи выхода воды из сифона, *м*.

Для пуска воды из участкового распределителя во временный ороситель применяют сифоны диаметром 200—250 *мм*. В зависимости от разности горизонтов пропускная способность их 30—130 *л/сек*. Диапазон изменения горизонтов 5—50 *см*.

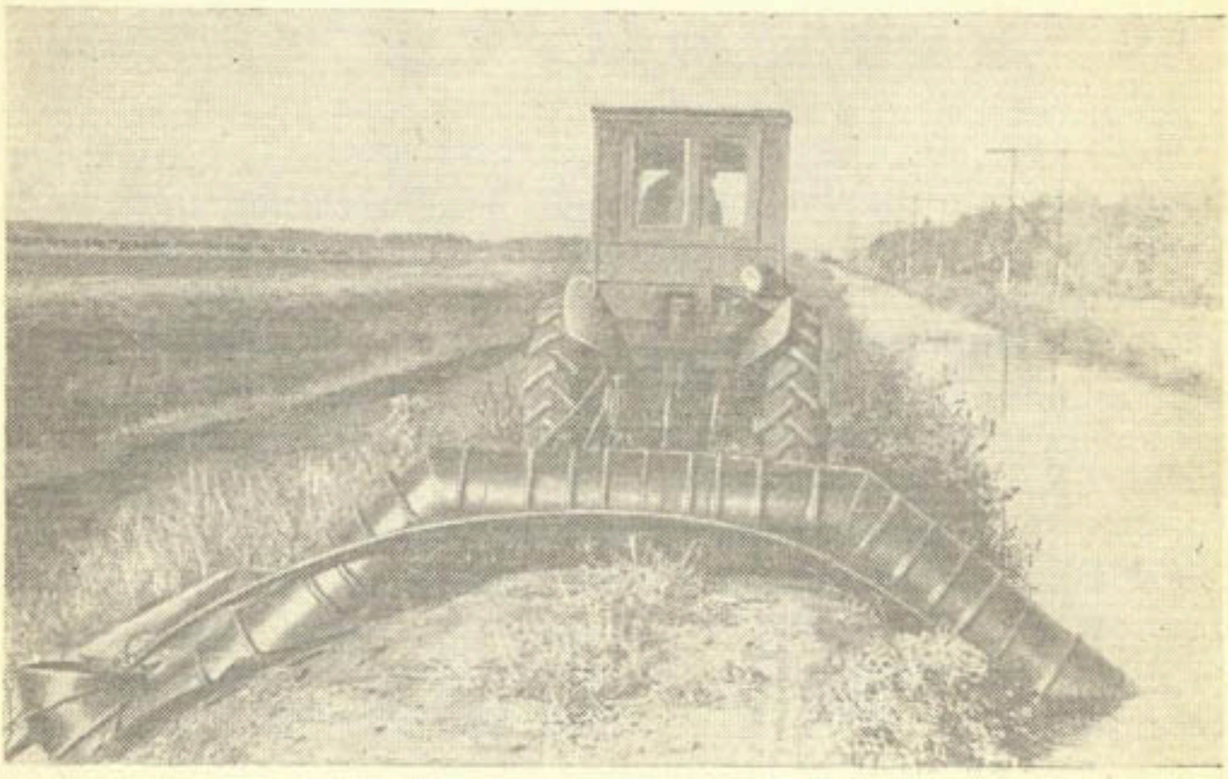


Рис. 25. Сифонная установка.

Пластмассовые сифоны изготовляют из полиэтилена. Трубы получаются тонкостенные без швов. Вес сифона диаметром 250 *мм* составляет 13—16 *кг*. Заряжают сифон путем непосредственного заполнения его водой или с помощью вакуумного насоса.

Южгипроводхозом изобретена сифонная установка, состоящая из сифона, монтируемого на тракторе «Беларусь». Зарядка сифона и перемещение его с одной позиции на другую осуществляются с помощью трактора. Пропускная способность такого сифона до 600 *л/сек* (рис. 25).

Применение сифонных водовыпусков особенно рационально при лотковой оросительной сети, отличающейся повышенным командованием канала над поливной сетью. Такое командование позволяет использовать сифоны для пуска воды из лотка в гибкие шланги. Сифоны соответствующего диаметра можно использовать в качестве водомера и для учета расхода воды, поступающей в поливную бороздку и в полосу.

Расход воды определяют по той же формуле, что и расходы крупных сифонов, с той лишь разницей, что коэффициент расхода μ принимают для металлических сифонов 0,55, а для пластмассовых 0,65. Если при входе имеется раструб, то коэффициенты расхода несколько увеличивают — соответственно принимают 0,69 и 0,75.

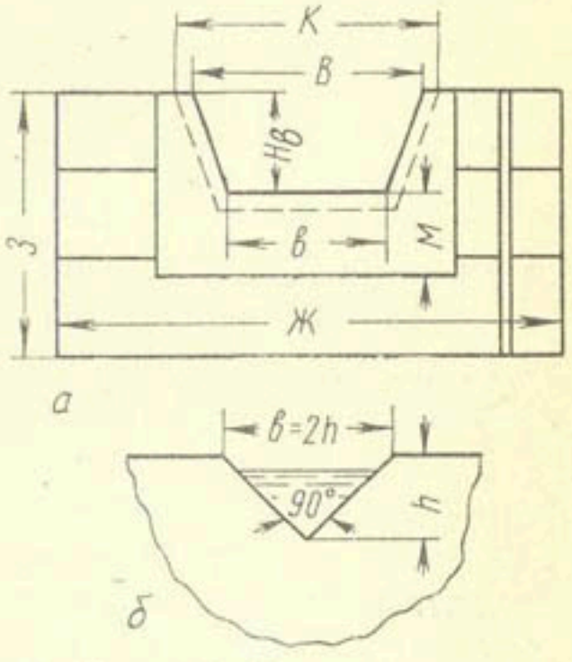


Рис. 26. Водосливы:
а — трапецеидальный; *б* — треугольный.

Простейшими водомерными устройствами, не регулирующими расходы воды, служат трапецеидальные и угловые водосливы (рис. 26) и конические насадки (рис. 27). Их можно устанавливать в любом месте по длине временного оросителя или выводной борозды.

Трапецеидальный водослив — это щит с вырезанным острым отверстием в виде трапеции с наклоном боковых сторон 1 : 0,25. Щит может быть деревянным с железной оковкой отверстия, из пластмассы или из листо-

вой стали. Для жесткости и удобства переноса к верхней кромке щита приваривают уголок или полосовое железо.

При установке водослива соблюдают следующие условия: толщина переливающего слоя воды через порог водослива — не более $^1/_3$ и не менее $^1/_{10}$ ширины порога; порог расположен горизонтально, выше дна канала не менее чем на двойную толщину переливающегося слоя воды; с нижней стороны водослива под переливающейся струей имеется свободное от воды пространство;

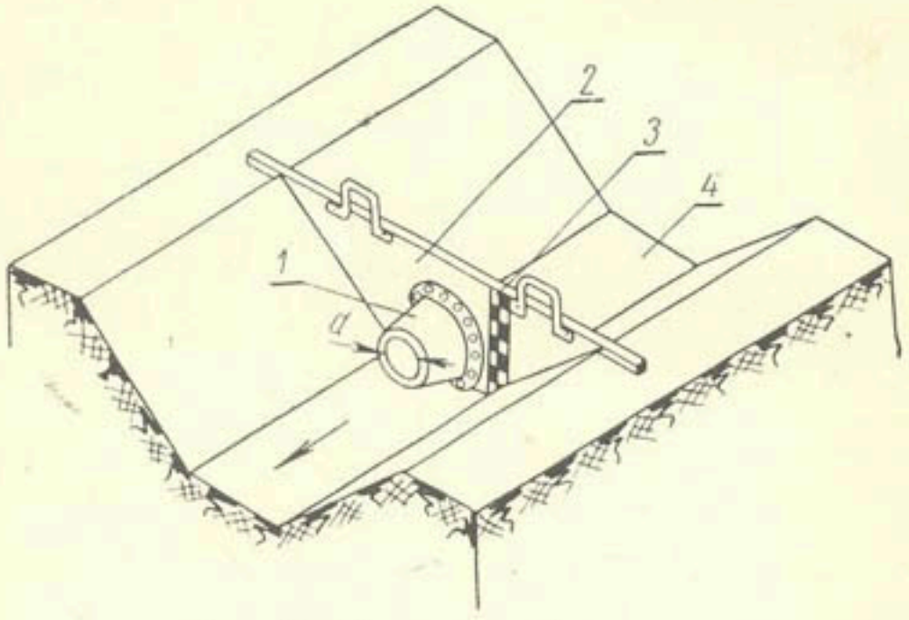


Рис. 27. Водомерный насадок:
1 — насадок круглого сечения; *2* — щит; *3* — водомерные рейки; *4* — ороситель.

стенки щита вертикальны (щит установлен под прямым углом к течению воды в канале), скорость движения воды перед водосливом в успокоителе (расширение русла канала) близка к нулю.

Для измерения переливающегося слоя перед водосливом устанавливают рейку с делениями через 2 *мм* на расстоянии не менее 3—4 напоров. Рейку можно прибивать к щиту, располагая ее как можно дальше от отверстия водослива. Нуль рейки должен быть на уровне водослива.

Расход воды, переливающейся через водослив, определяют по формуле:

$$Q = 1{,}86\, b\, H \sqrt{H},$$

где b — ширина порога водослива, *м*;

H — толщина переливающегося слоя воды, *м*.

Иногда устанавливают расходомерные рейки, указывающие непосредственно расходы воды в *л/сек*.

Ширина порога водослива зависит от пропускаемого расхода. Применяя формулу, составляют таблицу расходов воды при разных напорах, которой и пользуются при учете воды.

Основные рабочие параметры при разной длине порога трапецеидального водослива даны в таблице 13.

Таблица 13

Стандартные размеры трапецеидального водослива, *см*

Длина порога водослива b	B	$H_в$	K	$З$	$Ж$	$М$
20	26	12	32	40	100	12
50	61	22	71	55	120	12
100	120	40	130	80	190	15
120	146	50	156	90	200	15

Угловой водослив, в отличие от трапецеидального, имеет вырез в виде прямого угла; применяют его для учета малых расходов воды — до 6—7 *л/сек*. Правило установки водослива и способ замера воды те же.

Расход воды, проходящей через водослив,

$$Q = 1{,}41h^{2{,}5}\ м^3/сек,$$

где h — напор, *м*.

Конически сходящиеся насадки состоят из деревянного или металлического щита с квадратным (табл. 14), прямоугольным (табл. 15) или круглым вырезом, куда вставляется насадок. Диаметр входного сечения насадка $D = 1{,}35\ d$, где d — диаметр выходного сечения, а длина насадка $l = D$.

Насадок должен быть установлен так, чтобы выходное сечение его было всегда под водой. Расход воды, проходящей через насадок, находят по формуле:

$$Q = \omega C\sqrt{z}\ м^3/сек,$$

где ω — площадь выходного сечения насадка, *м*;

C — коэффициент расхода, определяемый тарировкой. Для насадков большого диаметра $C = 4{,}1$;

z — разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах.

Таблица 14

Размеры насадков квадратного сечения, *с*

Сторона выходного сечения	Сторона входного сечения	Длина насадка
10	19	20
20	38	40
30	57	60
40	76	80

Таблица 15

Размеры насадков прямоугольного сечения, *см*

Выходное отверстие		Входное отверстие		Длина насадка
высота	ширина	высота	ширина	
10	20	19	29	30
20	40	33	58	60
30	60	57	87	90
35	70	66	101	105

Уровень воды в верхнем и нижнем бьефах определяют по показаниям реек, закрепленных к щиту по обе его стороны. Нуль реек принимают ниже минимального горизонта воды в нижнем бьефе.

Практически расходы воды, проходящие через насадок, определяют по заранее составленным таблицам или графикам. Объем вылитой воды равен произведению среднего расхода воды на соответствующий отрезок времени.

В качестве водомерных сооружений используют также переносные перемычки в виде щитов. Они не только обеспечивают регулирование горизонтов воды в каналах, но и позволяют измерять транзитный расход воды. Для этого в перемычках делают отверстия, которые по мере надобности можно закрывать щитками или брезентовыми рукавами, имеющими на свободном конце шнуровую стяжку.

Перемычки делают из досок, брезента, полиэтилена, металла. Размер квадратных отверстий 35×35 *см*, круглых — 35—40 *см* в диаметре.

Расход воды, пропускаемый через отверстие перемычки, определяют по формуле:

$$Q = \mu\omega\sqrt{2gz},$$

где $\mu = 0{,}60$ — коэффициент расхода;

ω — площадь отверстия, $м^2$;

z — разность горизонтов воды в верхнем и нижнем бьефах, $м$.

Поверхностную скорость течения в канале можно замерять с помощью поплавка. Выбранный для этих целей участок канала должен отвечать следующим требованиям:

канал прямолинейный, длина его не менее 20—30 $м$, не заилен, не покрыт растительностью;

площадь живого сечения канала и скорости примерно одинаковые на всем протяжении участка;

участок расположен вне сферы влияния подпорных сооружений.

Участок измеряют мерной лентой и на концах его устанавливают вехи, обозначающие верхний и нижний поплавочные створы. В середине участка разбивают третий (основной) створ, который служит для определения живого сечения потока воды.

Скорость воды с помощью поплавка следует определять в безветренную погоду. Поплавок пускают в середине потока выше верхнего створа и по секундомеру определяют время прохождения им расстояния от верхнего до нижнего створа. Поверхностная скорость потока равна частному от деления длины пути на время прохождения поплавка. Измерение повторяют несколько раз и берут среднее арифметическое значение.

Среднюю скорость получают умножением поверхностной скорости на поправочный коэффициент k, то есть

$$v_{ср} = k v_{пов}\ м/сек.$$

Величину k можно определять по формуле:

$$k_{ср} = \frac{6{,}2}{7{,}15 + \frac{\gamma}{\sqrt{h_{ср}}}},$$

где γ — коэффициент шероховатости к формуле Базена;

$h_{ср}$ — средняя глубина живого сечения, $м$.

Ориентировочно $k = 0{,}85$.

Умножив полученную среднюю скорость $v_{ср}$ на живое сечение канала F, получим расход:

$$Q = v_{ср}F \ м^3/сек.$$

Водомеры для дождевальных машин. Дождевальные машины не всегда обеспечивают их проектный расход. Как правило, фактический расход ниже проектного. Это объясняется отчасти тем, что из-за отсутствия серийно выпускаемых приборов расход воды определяют по среднему слою вылитой воды. Такой способ определения количества вылитой воды трудоемок и недостаточно точен.

В 1968 г. на серийное производство поставлен водомер ДА-95. Прибор разработан СКБ Херсонского комбайнового завода и является дальнейшим развитием конструктивной схемы Н. П. Степаненко (рис. 28). В основу разработки конструкции водомера положена прямо пропорциональная зависимость между расходом и скоростью движения воды во всасывающем трубопроводе. У водомера ДА-95 на одном конце вала находится крыльчатка, а на другом — счетный механизм, показывающий скорость вращения крыльчатки и учитывающий с нарастающим итогом количество ее оборотов.

Счетный механизм представляет собой автомобильный спидометр (Сп-116), у которого шкала скорости заменена шкалой производительности с градуировкой *л/сек* и *м³/ч*. Счетчик пройденного пути служит счетчиком поданного суммарного объема воды.

Счетный механизм расположен под колпаком, что предохраняет его от постороннего влияния и повреждений. В торце его имеется смотровое окно для снятия показаний прибора.

Прибор устанавливают на всасывающем трубопроводе, где динамические нагрузки меньше, вследствие чего продолжительность и надежность работы прибора повышаются.

Для определения объема воды, поданной насосом машины за определенный отрезок времени, из отсчета по счетному барабану в конце этого отрезка отнимают отсчет в начале его. Полученную разность умножают на 11,34 (одно деление шкалы соответствует 11,34 *м³*).

Погрешность показаний секундного расхода водомером при любом режиме работы машины не превышает 3,5%. Счетчик же суммарного объема работает с по-

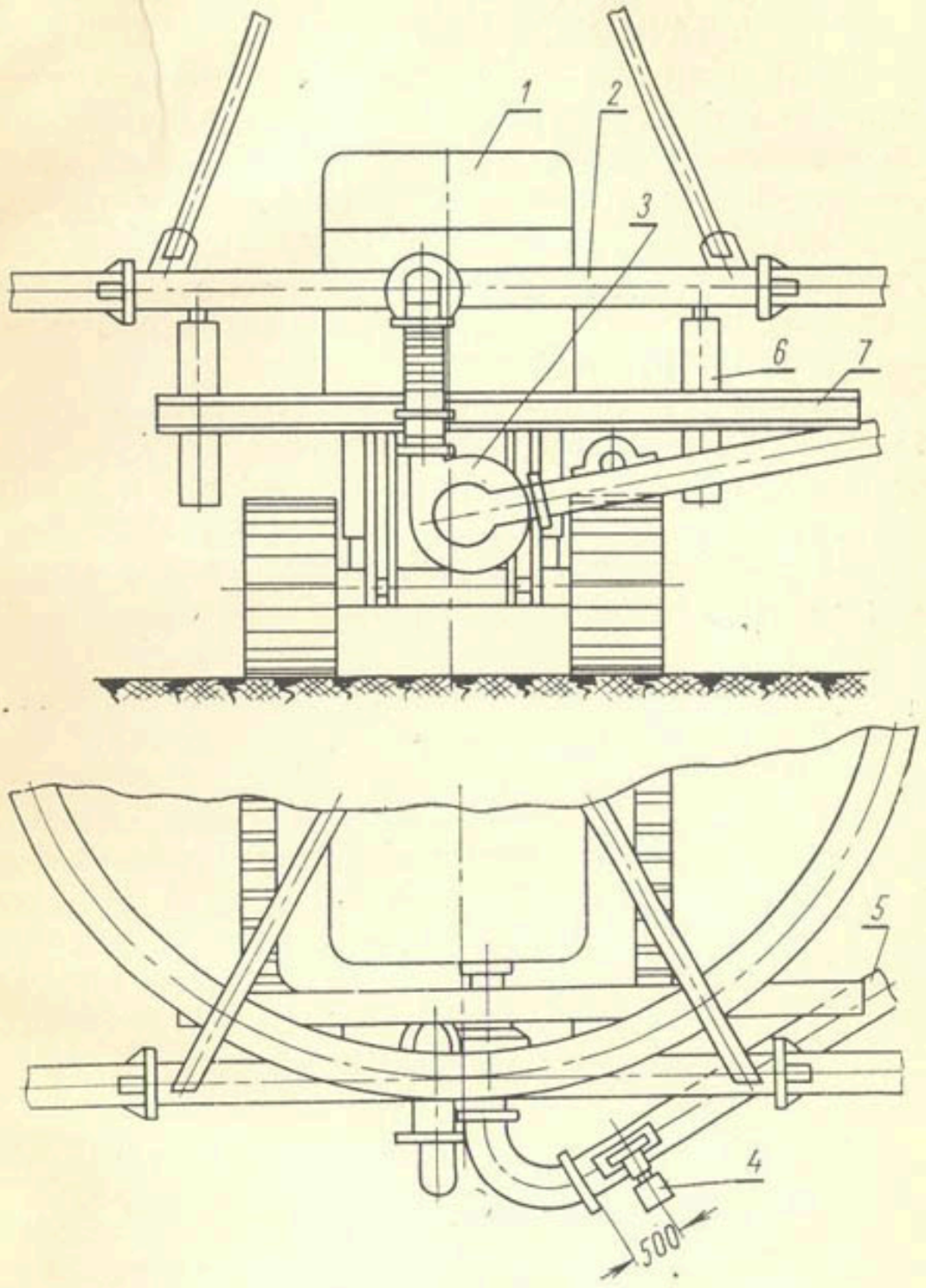


Рис. 28. Схема установки счетчика водомера ВС-3 на дождевальной машине ДДА-100М:

1 — трактор; *2* — ферма; *3* — центробежный насос; *4* — счетчик-водомер; *5* — всасывающая труба; *6* — гидроцилиндры; *7* — рама центральной части.

грешностью не более 5% при расходах 100—120 *л/сек*. С уменьшением расхода до 70 *л/сек* погрешность повышается до 9%, а при расходе 50 *л/сек* — до 15%.

В связи с этим прибор более приемлем для машин с расходом 90—130 *л/сек*. К таким машинам могут быть отнесены ДДА-100М, СНП-50/80, СНП-75/100, ПНСТ-6НДв и другие с расходом в пределах указанного диапазона и диаметром всасывающего трубопровода 200 *мм*.

Для установки прибора на всасывающем трубопроводе прорезают прямоугольное отверстие 156×70 *мм*^{2} и соосно с отверстием приваривают рамку, к которой и прикрепляют водомер. Лопасти крыльчатки прибора выступают внутрь трубопровода.

По заключению Каменка-Днепровской ОМС (Н. П. Степаненко), водомер работает безотказно при условии: предохранительная сетка заборного клапана не имеет повреждений; зазор на стыке сетки с корпусом поплавка не превышает 1—2 *мм*; погружение в воду лопаток рабочего колеса составляет 22,5% диаметра трубы.

VI. ПЛАНИРОВАНИЕ, УЧЕТ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

ПАСПОРТИЗАЦИЯ И ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Учет водных и земельных ресурсов, каналов, сооружений, оборудования и других составных элементов оросительной системы, а также полная осведомленность о техническом состоянии, работоспособности каждого из них и стоимости — одно из главнейших условий правильной организации эксплуатационных работ на системе.

Учету подлежат как межхозяйственные, так и внутрихозяйственные части оросительной системы. Основным учетно-техническим документом оросительной системы является паспорт. Паспорт составляют на систему в целом и на каждый крупный составной элемент ее (водозаборное сооружение, распределительные узлы, водохранилище, гражданские сооружения и др.).

Паспорт системы состоит из шести разделов:

1) общие сведения (наименование, местоположение, тип, категория, год постройки и др.);

2) производственно-экономические данные (площадь системы, число водопользователей, состав культур, урожайность и др.);

3) производственно-технические данные по источнику орошения, сооружениям, служебным зданиям и другим объектам;

4) мелиоративное состояние земельных участков (неудобных, не требующих мелиораций и исключенных земель; динамика уровня грунтовых вод, степень обеспеченности дренажными устройствами);

5) стоимость системы в целом и отдельных ее элементов, размеры амортизационных отчислений, затраты на текущий ремонт, содержание штата, операционные и другие расходы;

6) производственно-технические показатели системы (объем забора воды, средние оросительные нормы, коэффициент полезного действия оросительной системы, объем работ).

К паспорту системы прикладывают ирригационную карту в масштабе 1 : 10 000—1 : 25 000, в зависимости от площади системы. На карте указывают оросительную сеть, сооружения, дороги, лесополосы, населенные пункты, эксплуатационные здания, средства связи и другие крупные объекты, относящиеся к оросительной системе.

В паспорте на отдельные крупные сооружения приводят общие данные (дата окончания строительства и сдачи в эксплуатацию), технико-конструктивные показатели (тип, материал, размеры), строительную и инвентаризационную стоимость. Указывают также отметки отдельных частей сооружений и отметку репера, техническое состояние сооружения и процент его годности. К паспорту прикладывают схематические чертежи сооружения и фотоснимки.

Технический паспорт на новые гидромелиоративные и гидротехнические объекты составляет строительная организация в трех экземплярах; один из них передается системному управлению при сдаче в эксплуатацию системы, другой областному управлению мелиорации и водного хозяйства либо республиканскому Министерству мелиорации и водного хозяйства, в зависимости от того, какой из этих организаций подчинено системное управление. Паспорта очень крупных оросительных систем и сооружений передают в Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР.

На внутрихозяйственные сооружения (арматура, пруды, водоподъемные установки и другие объекты) и на мелкие межхозяйственные сооружения (временные постройки, гидрометрические посты, колодцы и др.) составляют паспортные ведомости.

На орошаемые земли, находящиеся в ведении хозяйства (водопользователя), составляют учетную карточку, в которой приводят данные о размерах орошаемой площади, состоянии земель и степени их ирригационной подготовленности.

Первоначальную стоимость паспортизируемых объектов принимают по исполнительной смете строительства. Если таких данных нет, стоимость устанавливает специальная комиссия путем обмеров объема сооруже-

ния и применения единичных расценок на отдельные виды работ.

С течением времени паспортизируемые объекты изнашиваются и соответственно их стоимость снижается. Установление фактического состояния сооружения и возможной продолжительности его нормальной работы и фактической стоимости объекта называется инвентаризацией. Сплошную инвентаризацию положено проводить через каждые 5—10 лет.

Ежегодное понижение стоимости объекта в связи с его изношенностью называется амортизацией. Срок службы сооружений, размеры амортизационных отчислений и размеры затрат на капитальный ремонт определяют по установленным нормативам.

Каналы оросительной сети, составляющие обычно основную часть стоимости оросительной системы, приобретают после восстановительного ремонта свою первоначальную стоимость и поэтому не амортизируются.

Систематизированное и систематическое ведение основного и текущего качественного и количественного учета водных и земельных ресурсов оросительной системы называется кадастром. В кадастровых записях особое внимание уделяют изменениям мелиоративного состояния земель и глубины залегания грунтовых вод, указывают характер, объем и стоимость проведенных работ на системе в течение года и дату их выполнения.

Для установления инвентаризационной стоимости объекта оросительной системы необходимо иметь следующие данные:

первоначальную стоимость объекта A;

размеры ежегодных отчислений на покрытие амортизации K;

возраст сооружения t.

Инвентарная стоимость

$$И = A - Kt.$$

Размер ежегодных отчислений на амортизацию

$$K = \frac{A - C}{T},$$

где C — ликвидная стоимость сооружения (когда оно идет на слом);

T — средний срок службы сооружения.

Если сооружение в течение срока службы подвергалось капитальному ремонту, инвентаризационную стоимость определяют с учетом затрат на ремонт, то есть

$$И = А + В - Кt,$$

где $В$ — затраты на капитальный ремонт за весь срок службы сооружения (с момента введения сооружения в эксплуатацию до момента инвентаризации).

Ежегодный учет орошаемых земель в стране возложен на Министерство сельского хозяйства СССР с участием Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР, а учет использования этих земель — на органы ЦСУ СССР.

Стоимость ирригационной подготовки и ввода в эксплуатацию одного гектара орошаемых земель составляет в среднем по стране около 2 тыс. руб., а в особо сложных случаях — до 3 тыс. руб. Поэтому перед работниками сельского хозяйства поставлена задача не допускать выпадения площадей орошения из сельскохозяйственного использования. На улучшение мелиоративного состояния земель, на планировку, повышение водообеспеченности, переустройство оросительной сети ежегодно отпускаются огромные средства. В 1968 г. на эти цели ассигновано около 300 млн. руб.

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ФИНАНСОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, ГОДОВАЯ И ОПЕРАТИВНАЯ ОТЧЕТНОСТЬ

Деятельность управления оросительной системы определяется производственно-финансовыми планами: годовым и перспективным (обычно составляется на пять лет). В перспективном плане предусматриваются мероприятия, относящиеся главным образом к совершенствованию оросительной системы, приспособлению ее к современным требованиям техники полива, механизации всех видов работ, повышению коэффициента полезного действия оросительной системы и другие мероприятия, которые могут быть выполнены в течение ряда лет.

Годовой производственный план обычно включает три раздела: водопользование; содержание сети и сооружений; развитие и улучшение системы. В первом раз-

деле указываются мероприятия по водозабору, водораспределению и учету воды, во втором — очистка всех видов каналов от наносов и растительности; текущий и восстановительный ремонты оросительной сети и сооружений; противопаводковые и аварийные работы; содержание и ремонт транспорта, гидрометрических постов, гражданских сооружений, дорог, средств связи; уход за древесными насаждениями; организация подсобных предприятий и производств, берегоукрепительные и регулировочные работы и т. д. В третьем разделе предусматриваются: проектно-изыскательские работы под капитальный и восстановительный ремонт сооружений, составление ирригационных карт; проведение инвентаризации и паспортизации; выполнение исследовательских работ, связанных с разработкой рационализаторских предложений по улучшению эксплуатации оросительных систем; повышение квалификации кадров системного управления и водопользователей.

Финансовая деятельность системного управления отражается специальной частью производственно-финансового плана, которая включает три раздела: содержание управленческого и линейного персонала; затраты по всем мероприятиям второго раздела производственного плана; прочие расходы по всем мероприятиям третьего раздела производственного плана, содержание жилищно-коммунального хозяйства и другие расходы.

Расходы на содержание производственного персонала относятся к разделу прямых расходов, а содержание административных работников — к разделу косвенных расходов (накладные начисления на прямые расходы). Поэтому сметы на содержание персонала по каждому из этих подразделений составляют раздельно. Самостоятельные сметы составляют и на содержание персонала, обслуживающего складское хозяйство системы; расходы — за счет процентных начислений на материалы и оборудование. Содержание штата по транспорту, механическим установкам, ремонтным мастерским и другим подсобным предприятиям — за счет этих производств.

Жилищно-коммунальное хозяйство системы содержится за счет отчислений на эксплуатационные расходы и за счет квартирной платы штатного персонала. Эта часть хозяйства системы имеет свою приходо-расходную смету и учитывается отдельно.

Частью производственно-финансового плана системы является сводная ведомость всех видов потребностей: рабочей силы, материалов, оборудования, энергетических ресурсов и т. д. с распределением их по месяцам года в соответствии с календарным графиком выполнения работ.

В производственно-финансовом плане приводят амортизационные отчисления на данный год и необходимые капитальные вложения за счет этого фонда.

В пояснительной записке освещают особенности условий выполнения установленного плана; обосновывают требования на кредиты, оборудование, материалы, дополнительные кадры и т. п.; подробно анализируют производственное задание по орошению (размер поливных площадей, состав культур, запланированная урожайность по каждой культуре), рассматривают мероприятия по повышению коэффициента полезного действия оросительной сети и снижению себестоимости оросительной воды; дают краткую характеристику технического состояния оросительной системы.

Производственно-финансовые планы обсуждаются на производственном совещании управления системы с участием представителей от водопользователей и районных сельскохозяйственных управлений. Утверждаются планы Министерством мелиорации и водного хозяйства союзных республик, а планы крупных систем — Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР.

О выполнении производственно-финансового плана управление оросительной системы составляет годовой отчет. Кроме годового отчета, оно осуществляет квартальную и текущую оперативную отчетность за более короткий отрезок времени. Все виды отчета оформляют по определенным формам, утвержденным Центральным статистическим управлением при Совете Министров СССР. Отчеты направляют в соответствующие вышестоящие организации в строго определенные сроки.

Отчетность подразделяется также на общегосударственную и специализированную. В общегосударственной отчетности представляются данные: о фактической численности рабочих и служащих, фонде заработной платы, финансовом состоянии, расходах нефтепродуктов и материалов, работе автопарка. К специализированной отчетности относятся данные по выполнению всех меро-

приятий, предусмотренных производственно-финансовым планом.

В квартальном отчете отражается деятельность управления системы за квартал по всем разделам работ. В годовом отчете подводятся итоги деятельности управления системы за весь год. В нем приводятся данные о выполнении всех мероприятий, перечисленных во всех разделах производственно-финансового плана; указываются фактическое выполнение объема работ по каждому мероприятию, затраты средств, количество израсходованных материалов, горючего, энергетических ресурсов и т. д.

В разделе о кадрах системы приводятся данные о численности персонала, составе, квалификации, степени обеспеченности системы инженерно-техническим персоналом и кадрами массовой квалификации, как в целом по системе, так и по основным разделам работ; о проведенных мероприятиях по повышению квалификации инженерно-технического персонала и подготовке кадров массовой квалификации, а также о выполнении мероприятий по улучшению культурно-бытового обслуживания пунктов системы.

В оперативной отчетности (за месяц или квартал) даются сведения о ремонтных работах, очистке каналов от наносов и растительности, ходе выполнения плана поливов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В ХОЗЯЙСТВАХ

Ирригация относится к числу наиболее действенных средств повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Прибавка урожая от орошения значительно превышает прибавку от любого агротехнического мероприятия.

Способствуя увеличению сельскохозяйственной продукции, орошение в то же время требует крупных единовременных капитальных вложений на строительство комплекса мелиоративно-гидротехнических сооружений и больших ежегодных затрат на сельскохозяйственные и агролесомелиоративные работы, связанные с освоением орошаемых земель. Экономическая эффективность сельскохозяйственного производства на орошаемых землях будет повышаться в том случае, если дополнитель-

ные затраты на орошение обеспечат снижение себестоимости продукции, получение большего чистого дохода и высокую рентабельность орошаемого земледелия.

В условиях орошаемого земледелия имеются все возможности для прогрессивного повышения урожаев сельскохозяйственных культур. Однако в практике нередки случаи значительных колебаний урожаев по годам. Это удлиняет срок окупаемости капитальных вложений на ирригационные работы и освоение мелиорируемых земель, значительно снижает продуктивность орошаемых земель.

Продуктивность использования поливной воды определяется комплексной системой мероприятий. Стоимость орошения одного гектара или одного кубометра воды складывается из расходов на содержание государственных систем и затрат на использование воды водопользователями. Внутрихозяйственные затраты складываются из расходов на содержание оросительной сети и сооружений, эксплуатацию дождевальных и поливных машин, нарезку и засыпку временной оросительной сети, оплату поливальщиков и других расходов, связанных с организацией и проведением поливов. Полная стоимость одного кубометра воды (системная + хозяйственная) достигает в отдельных случаях 2 коп. Хозяйственные расходы в несколько раз превышают системные. Тем не менее содержание государственных систем обходится во многих случаях очень дорого. Системная себестоимость одного кубометра воды нередко достигает 0,6 коп. и выше. Поэтому уменьшение стоимости орошения должно идти по пути снижения как хозяйственных, так и системных затрат.

Основные системные затраты складываются из заработной платы, очистки каналов от наносов, ремонта оросительной сети и сооружений. Экономия затрат труда и средств по всем этим разделам может быть обеспечена при широком внедрении передовой техники и совершенствовании организации труда на основе механизации, электрификации и автоматизации.

В своей повседневной деятельности управление оросительной системы обязано поддерживать тесную связь с водопользователями, повышать свою роль в получении высоких и устойчивых урожаев культур.

Огромное значение имеет глубокое изучение материалов годового производственно-финансового отчета.

Оно позволяет видеть как положительные, так и отрицательные стороны деятельности управления оросительной системы и предусмотреть более полное использование всех резервов по дальнейшему подъему уровня технической эксплуатации оросительных систем и их рентабельности.

В борьбе за подъем культуры земледелия и повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий, за наведение образцового порядка и достижение высоких и устойчивых урожаев орошаемых культур огромная роль принадлежит районным и областным управлениям сельского хозяйства. Они должны оказывать помощь колхозам и совхозам в разработке мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв и рациональное использование земель. Всюду должны быть введены в действие севообороты, разработаны планы внесения удобрений по годам, составлены технологические карты возделывания культур и шнуровые книги истории полей. Крайне необходима организация комплексных механизированных бригад и звеньев по использованию орошаемых земель.

Нужно полнее использовать все формы материального стимулирования: регулярное авансирование, начисление дополнительной оплаты за получение сверхплановой продукции, применение правильных норм выработки и расценок. Производственная деятельность в бригаде должна осуществляться на основе четкого разделения труда между ее членами. За бригадой должен закрепляться постоянный орошаемый участок со всеми на нем гидромелиоративными сооружениями, а также сельскохозяйственные машины, транспорт, производственные постройки. Срок закрепления орошаемого участка за определенным составом бригады должен быть не менее одной ротации севооборота. Площадь, закрепляемая за бригадой, определяется общей нагрузкой посевов, составом культур в севообороте, степенью механизации сельскохозяйственных работ. Соотношение культур, высеваемых на бригадном участке, должно быть в течение всей ротации севооборота более или менее постоянным (допускается небольшое отклонение).

Наиболее высокий экономический эффект достигается при применении комплексной механизации производства, когда отдельные машины объединяются в системы машин. Из мелиоративных машин каждая производст-

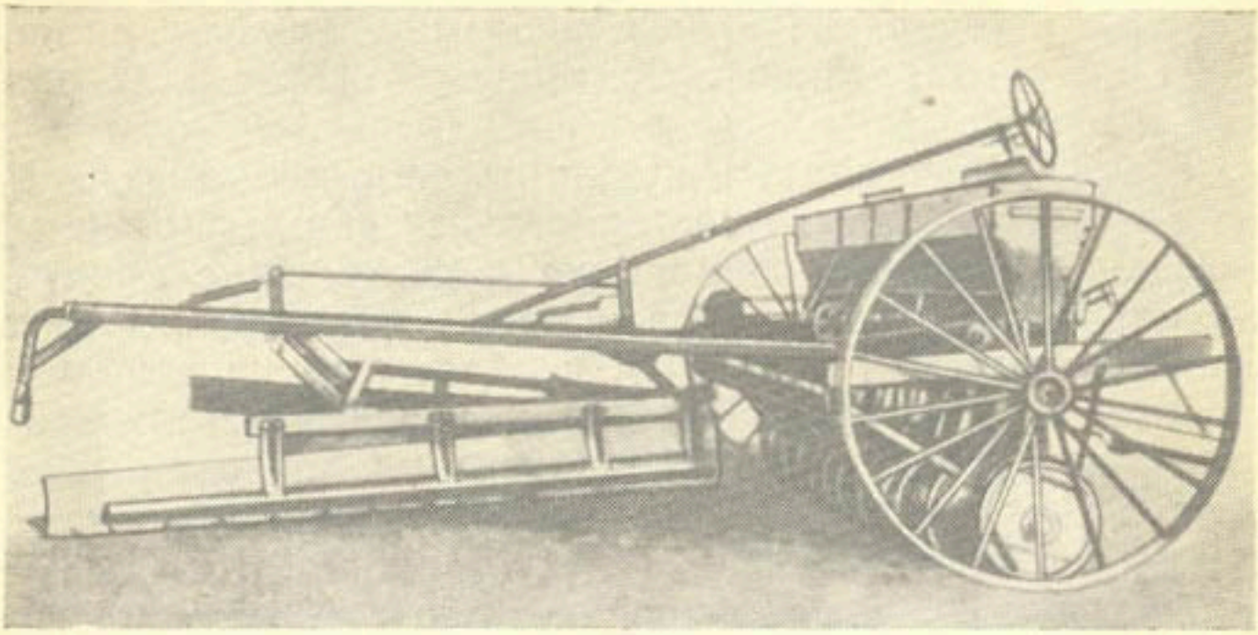


Рис. 29. Полосообразователь с сеялкой.

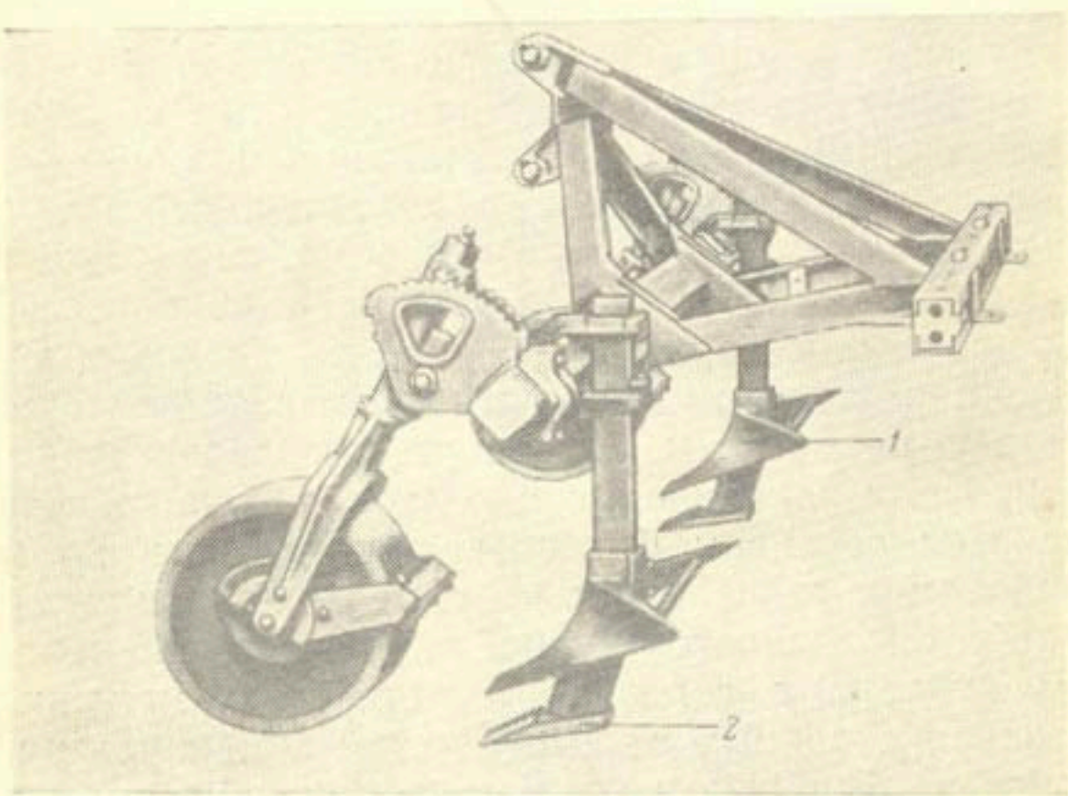


Рис. 30. Бороздодел-щелерез:
1 — двухотвальный бороздорез; *2* — долотообразный лемех.

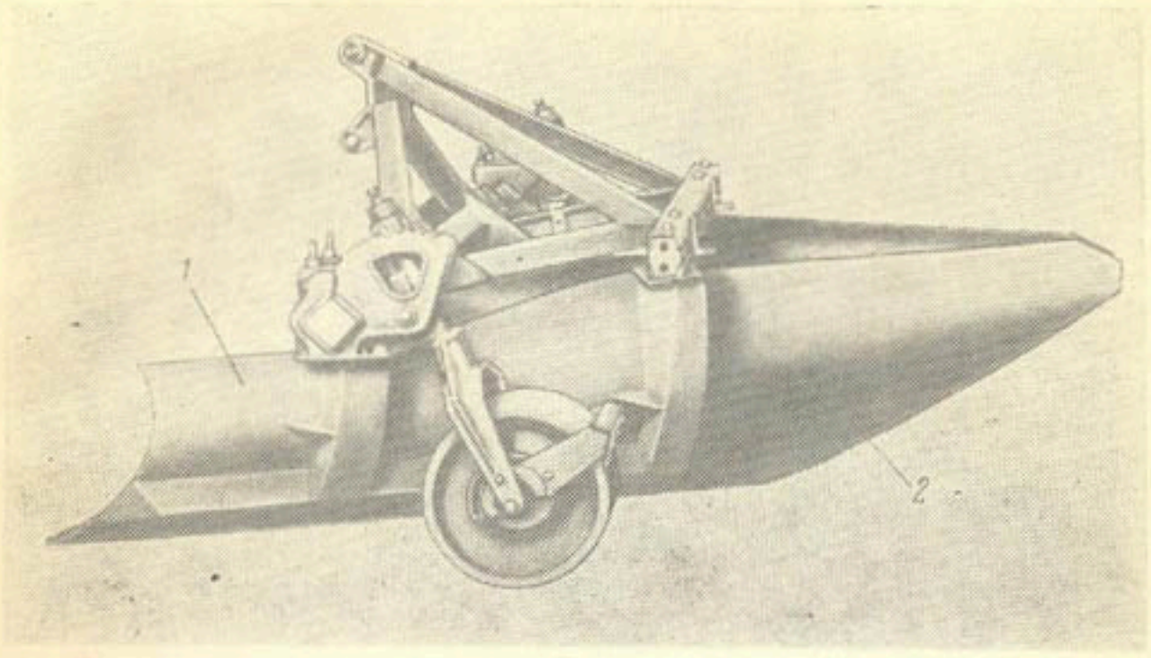


Рис. 31. Палоделатель:
1 — отвал; *2* — удлинитель отвала.

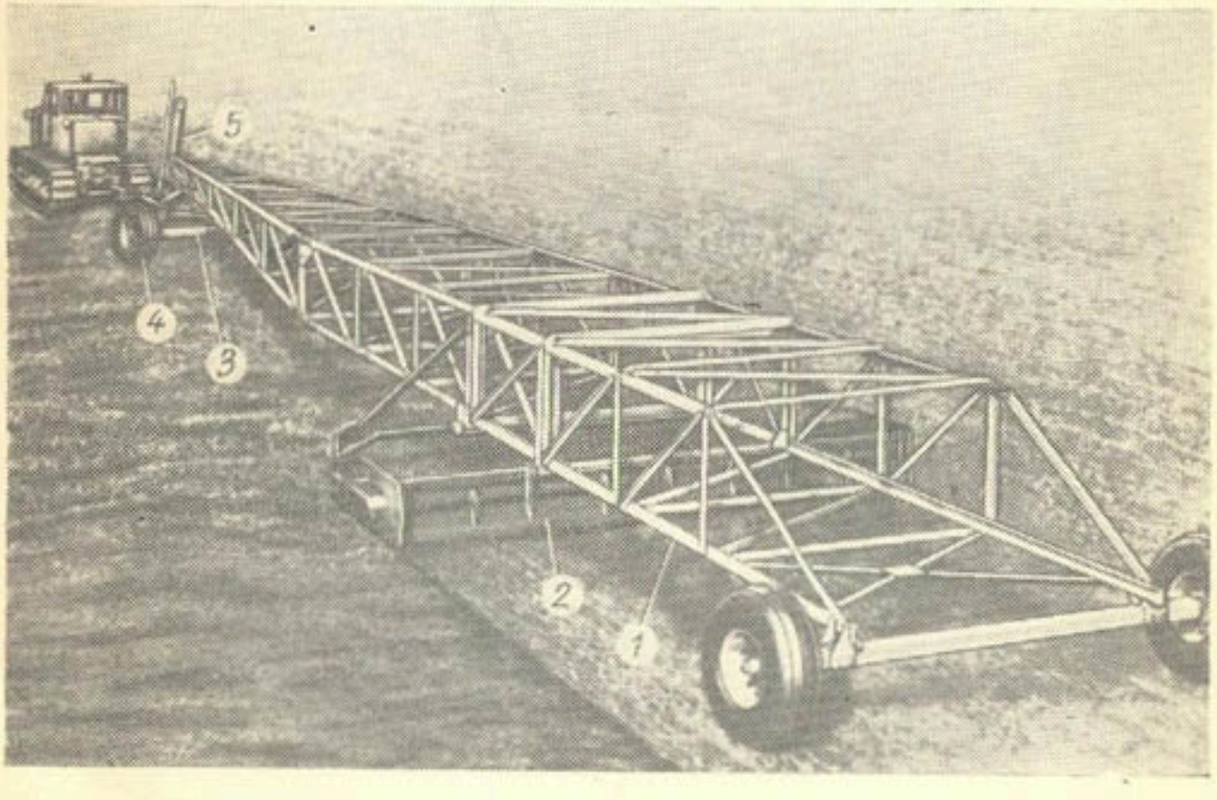


Рис. 32. Длиннобазовый планировщик:
1 — металлическая сварная рама; *2* — бездонный ковш; *3* — передок; *4* — опорные пневматические колеса; *5* — гидравлический механизм.

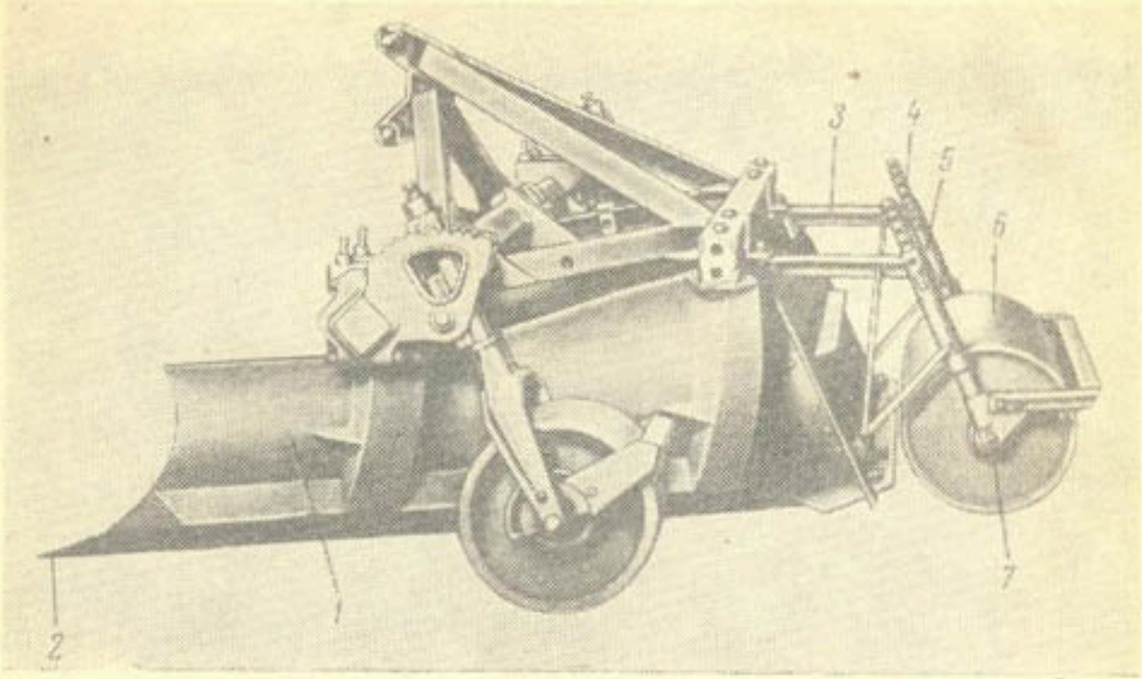


Рис. 33. Заравниватель:

1 — отвал заравнивателя; *2* — стальной нож отвала; *3* — рама; *4* — стержень держателя с отверстиями для регулирования катка по высоте; *5* — штырь; *6* — уплотняющий каток; *7* — держатель катка.

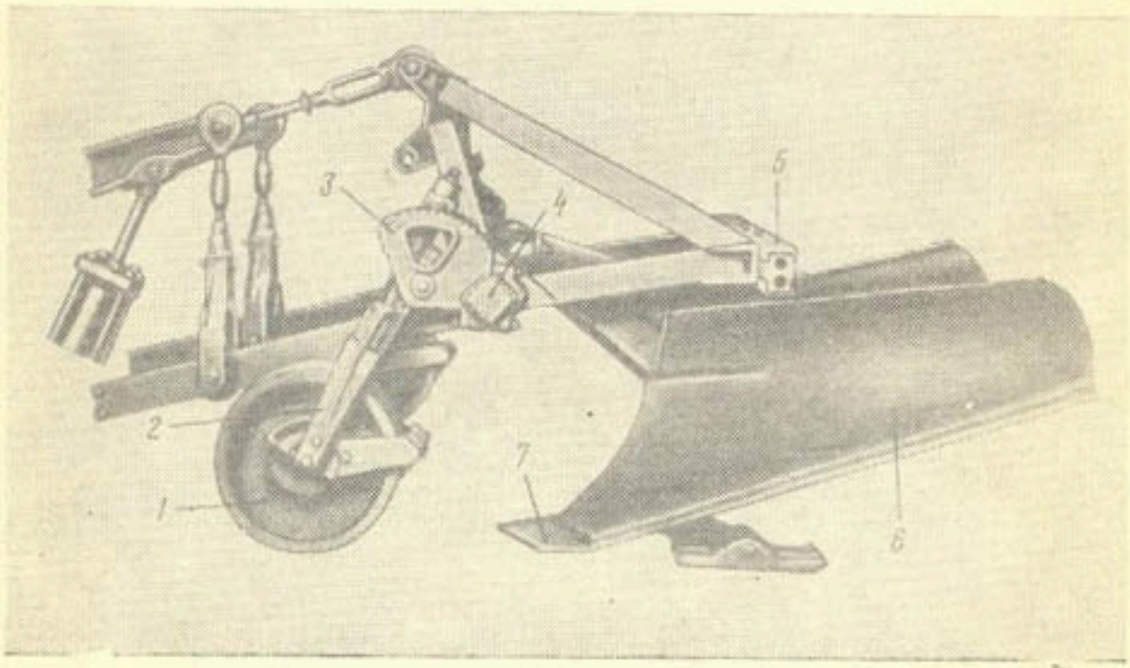


Рис. 34. Канавокопатель:

1 — опорный каток; *2* — вилка; *3* — сектор; *4* — квадратный брус; *5* — балка; *6* — отвал; *7* — нож отвала.

венная бригада должна в первую очередь иметь такие машины, как: полосообразователи (рис. 29), окучники-бороздильники, бороздоделы-щелерезы (рис. 30), палоделатели (рис. 31), планировщики (рис. 32), заравниватели (рис. 33), канавокопатели (рис. 34) и др.

В стране организовано более 30 опытно-показательных совхозов, руководимых научно-исследовательскими учреждениями. Эти хозяйства должны стать творческой лабораторией и школой передового опыта по обеспечению высоких и устойчивых урожаев орошаемых культур.

В целях поддержания внутрихозяйственной оросительной сети в технически хорошем состоянии создаются механизированные отряды, с помощью которых лучше используется техника, значительно повышается ее производительность и загрузка в течение года.

Орошаемые хозяйства — технически сложные предприятия. Для обеспечения правильного руководства ими требуются высококвалифицированные кадры агрономов орошаемого земледелия и мелиораторов, способных последовательно и планомерно претворять в жизнь сложный комплекс мероприятий по повышению эффективности использования орошаемых земель и получению высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур

Расходы воды в открытом лотке с суживающейся и расходящейся выходной частью

Глубина воды в колодце, *м*	Ширина горловины, *м*				
	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00
0,100	0,033	0,065	0,095	0,126	0,184
0,105	0,036	0,070	0,103	0,135	0,200
0,110	0,039	0,075	0,111	0,146	0,215
0,115	0,041	0,081	0,119	0,157	0,231
0,120	0,044	0,086	0,127	0,168	0,247
0,125	0,047	0,092	0,136	0,179	0,264
0,130	0,050	0,098	0,144	0,190	0,282
0,135	0,053	0,104	0,153	0,202	0,299
0,140	0,056	0,110	0,162	0,214	0,317
0,145	0,059	0,116	0,172	0,227	0,336
0,150	0,062	0,122	0,181	0,240	0,355
0,155	0,066	0,129	0,191	0,252	0,374
0,160	0,069	0,135	0,201	0,265	0,394
0,165	0,072	0,142	0,211	0,279	0,414
0,170	0,076	0,149	0,221	0,293	0,434
0,175	0,079	0,156	0,231	0,307	0,455
0,180	0,083	0,163	0,242	0,320	0,477
0,185	0,086	0,170	0,253	0,335	0,498
0,190	0,090	0,177	0,263	0,349	0,520
0,195	0,093	0,184	0,275	0,364	0,542
0,200	0,097	0,192	0,286	0,379	0,565
0,205	0,101	0,199	0,297	0,394	0,588
0,210	0,105	0,207	0,309	0,410	0,611
0,215	0,109	0,215	0,321	0,426	0,635
0,220	0,113	0,223	0,333	0,441	0,659
0,225	0,116	0,231	0,345	0,458	0,683
0,230	0,120	0,239	0,357	0,474	0,707
0,235	0,125	0,247	0,369	0,490	0,733
0,240	0,129	0,255	0,382	0,507	0,758
0,245	0,133	0,264	0,394	0,524	0,783
0,250	0,137	0,272	0,407	0,542	0,809
0,255	0,141	0,281	0,420	0,559	0,836
0,260	0,146	0,290	0,433	0,576	0,862
0,265	0,150	0,298	0,447	0,594	0,890
0,270	0,154	0,307	0,460	0,613	0,917
0,275	0,159	0,316	0,473	0,630	0,944
0,280	0,163	0,325	0,487	0,649	0,974
0,285	0,168	0,334	0,501	0,668	1,000
0,290	0,172	0,344	0,515	0,686	1,029
0,295	0,177	0,353	0,529	0,705	1,057
0,300	0,181	0,362	0,544	0,725	1,087
0,305	0,186	0,372	0,558	0,744	1,116
0,310	0,191	0,382	0,573	0,764	1,145
0,315	0,195	0,391	0,588	0,784	1,176
0,320	0,200	0,401	0,602	0,803	1,206
0,325	0,205	0,411	0,617	0,823	1,237

Продолжение

Глубина воды в колодце, *м*	Ширина горловины, *м*				
	0,50	1,00	1,50	2,00	3,00
0,330	0,210	0,421	0,632	0,844	1,268
0,335	0,215	0,431	0,648	0,854	1,299
0,340	0,220	0,441	0,663	0,885	1,330
0,345	0,225	0,451	0,678	0,906	1,362
0,350	0,230	0,462	0,694	0,927	1,394
0,355	0,235	0,472	0,710	0,948	1,426
0,360	0,240	0,483	0,726	0,970	1,458
0,365	0,245	0,493	0,732	0,991	1,492
0,370	0,251	0,504	0,758	1,013	1,525
0,375	0,256	0,514	0,775	1,035	1,558
0,380	0,261	0,525	0,791	1,057	1,592
0,385	0,266	0,536	0,807	1,080	1,625
0,390	0,272	0,547	0,824	1,102	1,660
0,395	0,277	0,558	0,841	1,125	1,694
0,400	0,283	0,569	0,858	1,148	1,729
0,405	0,288	0,581	0,875	1,170	1,764
0,410	0,293	0,592	0,893	1,194	1,799
0,415	0,299	0,603	0,909	1,217	1,835
0,420	0,305	0,615	0,927	1,240	1,870
0,425	0,310	0,626	0,944	1,264	1,907
0,430	0,316	0,638	0,962	1,288	1,943
0,435	0,321	0,649	0,980	1,312	1,980
0,440	0,327	0,661	0,998	1,336	2,017
0,445	0,333	0,673	1,016	1,360	2,055
0,450	0,339	0,685	1,034	1,385	2,091
0,455	0,345	0,697	1,052	1,410	2,129
0,460	0,350	0,709	1,070	1,435	2,166
0,465	0,356	0,721	1,089	1,460	2,205
0,470	0,362	0,733	1,108	1,485	2,248
0,475	0,368	0,745	1,126	1,510	2,282
0,480	0,374	0,758	1,145	1,535	2,321
0,485	0,380	0,770	1,164	1,561	2,360
0,490	0,386	0,783	1,183	1,587	2,399
0,495	0,392	0,795	1,203	1,613	2,439
0,500	0,398	0,808	1,222	1,639	2,470
0,505	0,405	0,821	1,241	1,666	2,519
0,510	0,411	0,833	1,261	1,691	2,560
0,515	0,417	0,846	1,280	1,718	2,600
0,520	0,423	0,859	1,300	1,745	2,641
0,525	0,429	0,872	1,320	1,772	2,682
0,530	0,436	0,885	1,340	1,790	2,713
0,535	0,442	0,898	1,360	1,826	2,764
0,540	0,449	0,912	1,380	1,858	2,806
0,545	0,455	0,925	1,401	1,881	2,849
0,550	0,461	0,938	1,421	1,908	2,891
0,555	0,468	0,952	1,442	1,936	2,934
0,560	0,474	0,965	1,462	1,964	2,976
0,565	0,481	0,979	1,483	1,992	3,019
0,570	0,487	0,992	1,504	2,020	3,063

ЛИТЕРАТУРА

1. Аскоченский А. Н. Орошение и обводнение в СССР. «Колос», М., 1967.
2. Багров М. Н. Орошение полей. Нижне-Волжское книжное изд-во, Волгоград, 1965.
3. Беседнов Н. А. Мелиорация засоленных почв. Сельхозгиз, М., 1958.
4. Величко Е. Б. Рациональное использование воды при возделывании риса. Краснодарское книжное изд-во, Краснодар, 1965.
5. Временные правила по технической эксплуатации внутрихозяйственной оросительной системы и коллекторно-дренажной сети и сооружений. «Колос», М., 1967.
6. Ганкин М. З. Автоматизация и телемеханизация мелиоративных систем. «Колос», М., 1965.
7. Зайцев В. Б. Рисовая оросительная система. «Колос», М., 1968.
8. Зузик Д. Т. Экономика водного хозяйства. «Колос», М., 1966.
9. Зюликов Г. М. Закрытые оросительные системы. «Колос», М., 1966.
10. Кобек С. И. Эксплуатация внутрихозяйственной оросительной сети. Сельхозгиз, М., 1955.
11. Ковда В. А. Основы теории и практики мелиорации и освоения засоленных почв аридной зоны. АН СССР, 1960.
12. Козин М. А. и др. Основы орошаемого земледелия и техника полива. «Колос», М., 1965.
13. Коллектив авторов. Пособие по подготовке мелиораторов колхозов и совхозов. Россельхозиздат, М., 1968.
14. Колтагова М. Г. Борьба с потерями воды на фильтрацию. Сельхозгиз, М., 1955.
15. Костяков А. Н. Основы мелиораций. Сельхозгиз, 1960.
16. Миркин С. М. Водные мелиорации в СССР и пути их развития. АН СССР, 1960.
17. Натальчук М. Ф. и др. Внутрихозяйственная эксплуатация оросительных систем. «Колос», М., 1969.
18. Оффенгенден С. Р. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Сельхозиздат, М., 1962.
19. Попова В. Я. Сооружения для распределения и учета воды при орошении. «Колос», М., 1966.
20. Раскин Г. Ф. Экономика орошаемого земледелия. «Колос», М., 1967.

21. Рычков Н. И. Дождевальные машины и их использование. «Колос», М., 1965.
22. Томин Е. Д., Гантман В. Б., Копьев Е. И. Механизация работ по устройству и эксплуатации мелиоративных каналов. «Колос», М., 1968.
23. Чуприн И. А. и др. Справочник гидротехника. «Колос», М., 1967.
24. Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. «Колос», М., 1968.
25. Шугаев В. В. Сборные железобетонные лотки-каналы. «Колос», М., 1966.
26. Шульга Н. К., Дукмасов А. И. Пособие поливальщику. «Колос», М., 1966.
27. Шумаков Б. А. и Шумаков Б. Б. Лиманное орошение. МСХ РСФСР, М., 1963.
28. Шумаков Б. А. и др. Орошаемое земледелие. Россельхозиздат, М., 1965.
29. Ярмизин Д. В. и др. Мелиоративное земледелие. «Колос», М., 1966.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
I. Оросительные системы и их организация 11
Оросительные системы и их составные части 11
Проектно-изыскательские и строительные работы . . . 20
Приемка оросительных систем в эксплуатацию 24
Организация территории оросительных систем и служба их эксплуатации 27
II. Водопользование на оросительных системах 37
Основы планового водопользования 37
Хозяйственные планы водопользования и порядок их составления 51
Системные планы водораспределения 88
Проведение системных планов водораспределения . . . 95
III. Мероприятия по предупреждению засоления и заболачивания орошаемых земель 110
Причины засоления и заболачивания орошаемых земель . 110
Водный баланс оросительной системы 112
Мероприятия по предупреждению засоления и заболачивания орошаемых земель 118
Промывка засоленных почв 122
IV. Эксплуатация внутрихозяйственной оросительной и дренажно-сбросной сети 130
Содержание каналов и сооружений 130
Механизация работ по очистке каналов от наносов и сорной растительности 144
Борьба с потерями воды на фильтрацию 155
Переустройство внутрихозяйственной оросительной сети . 163
V. Гидрометрическая служба на оросительных системах . 168
Назначение и виды гидрометрических постов 168
Основные методы водоизмерения. Виды водоизмерительных сооружений и приборов 170
VI. Планирование, учет и методика оценки экономической эффективности работы оросительной системы . . . 191
Паспортизация и инвентаризация оросительной системы . 191
Производственно-финансовое планирование, годовая и оперативная отчетность 194
Эффективность использования поливной воды в хозяйствах 197
Приложение 204
Литература 206