

A stylized graphic of a flower or plant. The main body is a large, light yellow circle. At the bottom, there are three leaf-like shapes: one on the left is black, one in the center is black, and one on the right is blue. The background is split vertically: the left half is blue and the right half is black.

Н. Т. ЛАКТАЕВ

ПОЛИВ ХЛОПЧАТНИКА

Н. Т. ЛАКТАЕВ

ПОЛИВ ХЛОПЧАТНИКА



МОСКВА «КОЛОС» 1978

Полив хлопчатника. *Лактаев Н. Т. М.*, «Колос», 1978.

В книге дан качественный и количественный анализ способов орошения и техники полива хлопчатника в Средней Азии. На его основе предложены рекомендации по проектированию полива по бороздам и указаны направления совершенствования поверхностного орошения. Изложен метод районирования орошаемых земель по технике полива.

Большое внимание уделено реконструкции внутрихозяйственной сети и гидравлической автоматизации полива.

Рассчитана на инженеров-гидротехников и специалистов службы управления оросительных систем.

Таблиц 44. Иллюстраций 28. Библиографий 14.

ВВЕДЕНИЕ

За годы Советской власти в республиках Средней Азии были проведены большие работы по развитию сельского хозяйства и его основы — водного хозяйства. Качественно изменилась и выросла материальная база хлопководства. Значительно повысилась водообеспеченность оросительных систем. Появились крупные водохранилища, большое развитие получило бетонирование каналов, внедряется закрытый и вертикальный дренаж, на ряде объектов начала действовать телеавтоматизация водораспределения.

Дальнейшее развитие орошения связано с необходимостью более эффективного использования водных ресурсов бассейнов Сырдарьи и Амударьи. Для этого существуют еще большие резервы, заключающиеся сейчас в основном в следующем: реконструкции хозяйственной сети, совершенствовании техники орошения хлопчатника, плановом использовании воды в хозяйствах.

Внедрение планового водопользования началось еще в 30-е годы. В настоящее время оно достаточно строго проводится между хозяйствами. Внутри же хозяйств вода пока еще используется не на основе составленных заранее плановых документов.

Трудности внедрения планового водопользования в хозяйствах были вскрыты исследованиями САНИИРИ (1948—1955 гг.). Большое значение имели научно-производственные исследования водопользования в хозяйствах и к. п. д. внутрихозяйственной сети, проведенные в 1955—1960 гг. САНИИРИ и ТИИИМСХ (А. А. Рачинский, А. И. Иванов, Н. Т. Лактаев) совместно с работниками водного хозяйства Бухарской, Хорезмской, Самаркандской и Ферганской областей.

В результате исследований было установлено, что поливные нормы по сравнению с плановыми, рекомендованными СоюзНИХИ, завышены в полтора, а иногда и в два раза, несмотря на высокое мастерство поливаль-

щиков. Оказалось, что фактически поливную норму очень трудно регулировать.

Эти же исследования позволили найти причины, мешавшие рациональному использованию воды. В первую очередь это несовершенство технического состояния внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети.

Ряд причин имели организационный характер: малый размер полеводческих бригад по площади, звеньевая организация труда, некоторая нехватка пропашных тракторов.

Более рациональному использованию воды в хозяйствах в большинстве колхозов мешала также хуторская система расселения, при которой требуется постоянный пропуск небольшого расхода почти по всем каналам для бытового водоснабжения.

Каждое время выдвигает новые обстоятельства и новые требования. Сейчас, например, в общем комплексе механизации выращивания хлопчатника полив оказался самым узким местом. За вегетационный период на полив хлопчатника тратится 10% затрат ручного труда, производительность которого крайне низка. Остро встает вопрос о кадрах поливальщиков.

Самым консервативным элементом остается техника полива. Только в передовых колхозах и совхозах системы Средазирсовхозстроя внедрена более совершенная техника полива: дождевание, переносные гибкие трубопроводы, полив машинами ППА-165.

В последние годы принимаются меры, способствующие снижению фактических поливных норм, интенсивнее проводится планировка поверхности полей, внедряются поливы переменным расходом.

Несоответствие фактических поливных норм плановым не может быть объяснено только недостатками организации поливов в хозяйстве и неопытностью поливальщиков. По всей вероятности, методы расчета поливных норм и режима орошения хлопчатника требуют доработки. Изучены только их почвенные и агрофизические аспекты. Рекомендуемые оптимальные поливные нормы и режимы орошения хлопчатника должны быть откорректированы после всестороннего рассмотрения самого процесса увлажнения (полива по бороздам) в разнообразных условиях.

ТЕОРИЯ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА

Теоретическое решение процесса полива по бороздам заключается в отыскании следующих взаимосвязанных функций:

- скорости впитывания воды почвой $K(t)$;
- сложения впитавшейся воды или поливной нормы за определенное время $m(t)$;
- добегания струи по сухой борозде $x(t)$ или скорости добегания $x'(t)$;
- времени увлажнения в любом створе борозды $\tau(x)$, причем $\tau = t - t_1$, где t_1 — время добегания до данного створа, а t — продолжительность пуска воды в борозду;
- распределения увлажнения вдоль борозды $m(x)$;
- сброса в конце борозды $q_c(t)$ (разность между головным расходом q и расходом, идущим на впитывание в почву в пределах борозды).

Определение распределения увлажнения вдоль борозды и сброса в ее конце — цель расчета, результаты которого показывают равномерность увлажнения по длине борозды и к. п. д. техники бороздкового полива при заданных условиях.

Объединяющим (перечисленные частные функции) уравнением является балансовое уравнение расхода

$$q = a \int_0^x K(\tau) dx_1 + \omega x'(t) \quad (1)$$

или стока

$$qt = a \int_0^x m(x_1) dx_1 + \omega x, \quad (2)$$

где (дополнительно): a — ширина междурядий, ω — осредненная площадь живого сечения струи в борозде.

На рисунке 1 представлена модель уравнения, изображающая неизбежную неравномерность увлажнения вдоль борозды из-за разного времени увлажнения по створам. На створе $x=0$ $t_1=0$, $\tau=t$; на створе $x_1=x$,

$t_1 = t$, $\tau = 0$. Учитывая, что $dx_1 = x'_1 dt_1$, меняя пределы интегрирования и деля уравнение (2) на ω , имеем

$$x(t) = \frac{qt}{\omega} - \frac{a}{\omega} \int_0^t m(\tau) x'_1 dt_1. \quad (3)$$

Это уравнение зависимости пути, проходимого струей по сухой борозде, от времени — основное уравнение для расчета бороздкового полива. Подынтегральная функция впитывания воды почвой $m(\tau)$ является так называемым ядром интегродифференциального уравнения. Каково качество ядра — такова и достоверность получаемого результата. С другой стороны, сложность решения уравнения (3) зависит от сложности его ядра.

Для определения скорости впитывания воды почвой имеется несколько теоретических формул (С. Ф. Аверьянова, А. В. Гольдмана, В. В. Аристовского, И. И. Гаджальского и др.), предполагающих движение влаги в изотропной среде. Инженерные расчеты по ним требуют знания многих физических почвенных констант: порозности; полной, фактической и минимальной влагоемкости; содержания заземленного воздуха; коэффициента фильтрации; наибольшей высоты капиллярного поднятия и др.

Верхние же слои почвогрунтов на большинстве орошаемых полей анизотропны, а необходимые для расчетов параметры — многочисленны, малоизучены, не районированы, поэтому теоретические формулы в практических расчетах использовать просто невозможно.

Существует несколько более простых эмпирических формул, которые описывают изменения процесса впитывания так же, как и теоретические формулы. Параметры эмпирических формул имеют физический смысл и значительно проще определяются из опытов. К этим формулам относятся следующие:

$$K(t) = K_1 t^{-\alpha}, \quad (4)$$

где K_1 — скорость впитывания в конце первого часа; α — изменяется от $1/4$ (сильноводопроницаемые почвогрунты) до $4/5$ (слабоводопроницаемые почвогрунты); при $t \rightarrow \infty$ $K(t) \rightarrow 0$;

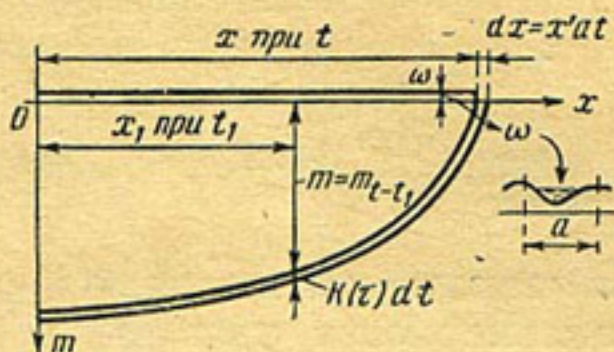


Рис. 1. Модель балансового уравнения.

уточненная формула А. Н. Костякова

$$K(t) = bt^{-\alpha} + K_{уст}, \quad (5)$$

где $K_{уст}$ — установившаяся скорость впитывания в конце процесса; формула с экспонентом

$$K(t) = Ae^{-bt} + K_{уст}. \quad (6)$$

В прямоугольной системе координат опытные данные с большей или меньшей точностью укладываются во все три указанные зависимости, а в логарифмических координатах они изображаются различно. Эти уравнения при замене t на τ , то есть при введении $K(\tau) = K(t - t_1)$, являются ядром уравнения (1). Уравнение (2) при замене t на $\tau = (t - t_1)$ может иметь следующие ядра:

$$m(t) = m_1 t^{1-\alpha}, \quad (7)$$

$$m(t) = K_{уст} \left(t + \frac{b}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right), \quad (8)$$

$$m(t) = A(1 - e^{-bt}) + K_{уст}t. \quad (9-10)$$

В начале 60-х годов особенности формул (5), (6), (7), (8), (9-10) были неизвестны, поэтому в первую очередь преимущество было отдано формуле А. Н. Костякова (4), как самой простой.

Из ряда предложенных формул и методов расчета бороздкового полива наиболее теоретически обоснованы формула и методы С. М. Кривовяза. Он первый дал правильное балансовое уравнение, внося в подынтегральную функцию $\tau = t - t_1$ вместо t , и решил это уравнение при частном значении $\alpha = 0,5$.

В зависимости от того, какое ядро было принято тем или иным автором в исходном балансовом уравнении, предложенные формулы можно разбить на две группы:

формулы, основанные на зависимостях (4) или (7), по которым при $t \rightarrow \infty K_t \rightarrow 0$, то есть при $t \rightarrow \infty x$ тоже стремится к бесконечности. В логарифмических координатах функция $x(t)$ изображается прямой;

формулы, основанные на зависимостях (5) или (6), в которых при $t \rightarrow \infty K(t) \rightarrow K_{уст}$. Соответственно при $t \rightarrow \infty$ длина добегания имеет предел

$$x_{\max} = \frac{q}{aK_{уст}}, \quad (11)$$

определенный расходом и установившейся скоростью впитывания.

На графиках как в обычных, так и в логарифмических координатах функция $x(t)$ изображается кривой, переходящей при достаточно больших значениях t в прямую, параллельную оси t или оси $\lg t$.

Анализ имевшихся в то время опытных данных показал, что только 35% опытов дают для функции $x(t)$ в логарифмической сетке прямые линии, и подтвердил формулы первой группы, согласно которым при $t \rightarrow \infty$ x бесконечно возрастает и не имеет предела, то есть струя в борозде никогда не остановится и можно поливать по очень длинным бороздам.

Остальные 65% опытов на логарифмическом графике изображались плавными дугами, стремящимися перейти в параллель к оси $\lg t$, то есть подтверждали формулы второй группы, по которым при $t \rightarrow \infty$ x может возрасти только до определенного предела, указанного выше.

В это время под влиянием А. Н. Аскоченского ставился вопрос о целесообразности поливов по очень длинным бороздам, применяемым в ирригационной практике США.

В хлопководческих же хозяйствах Средней Азии средние длины поливных борозд составляли только 150—250 м. Было желательно по возможности удлинить борозды и значительно поднять производительность труда.

Однако теоретического доказательства рационального предела возможного удлинения борозд не было. Еще предстояло установить степень равномерности увлажнения поля, потери и к.п.д. использования воды при поливе по длинным бороздам. Поэтому особую надежду автор возлагал на решение уравнения (3) при ядрах (8) и (9—10).

Уравнение (3) при ядре (8) имеет вид:

$$x(t) = \frac{qt}{\omega} - \frac{aK_{уст}}{\omega} \int_0^t \left[(t-t_1) + \frac{b}{1-\alpha} (t-t_1)^{1-\alpha} \right] x' dt_1. \quad (12)$$

Поставленная задача, названная прямой, была решена специалистами математиками под руководством Ф. Б. Абуталиева в 1967 г. Имея параметры $K_{уст}$, b и α ,

можно вычислить $x=f(t, q, i, K_{уст}, b, \alpha)$ для поля с конкретным уклоном при любых расходах q . Затем относительно просто можно установить распределение увлажнения вдоль борозды, к. п. д. техники полива, размер сброса и других потерь.

На этом уравнении основываются все последующие решения прикладного характера. На такой математической модели, аппроксимирующей процесс полива, должна была решаться задача оптимизации полива. Однако смысл расчетов сохраняется только в том случае, если имеются надежные параметры $K_{уст}$, b и α , характеризующие впитываемость почвогрунтов.

Поставленную задачу нельзя было решать без многочисленных полевых опытов, результаты которых позволили бы найти истинные значения необходимых параметров, дать им классификацию и привязать их (районировать) к природным условиям.

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые исследования включали: изучение применяемой в хозяйствах техники полива хлопчатника и проведение специальных опытов по изучению ее элементов. Необходимо было изучить практику организации полива в хозяйствах и учесть сложившийся опыт поливальщиков.

Фактические поливные нормы замеряли не только на опытном участке, но и на некоторых соседних полях. Были изучены также сроки и число поливов хлопчатника.

ОБЗОР ПРИМЕНЯЕМОЙ ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Применение тракторов и внедрение рядового сева хлопчатника вызвали необходимость объединения мелких поливных делянок в более крупные участки и коренного изменения техники полива. В первое десятилетие (после 1931 г.) укрупнение участков сопровождалось только уничтожением меж, окружавших мелкие делянки. До 1951 г. эти работы и частичную планировку уступов между старыми делянками проводили вручную. Капитальной планировки поверхности новых участков не было из-за отсутствия скреперов.

Старая техника полива (полив затоплением по мелким чекам и полив по джоякам) в 1936—1937 гг. была заменена техникой полива хлопчатника по коротким бороздам при ширине междурядий 0,7 м и расходе 0,8—1,2 л/с. Головы борозд не закрепляли. По внешнему виду полив по бороздам мало чем отличался от полива затоплением. Гребни борозд зачастую затапливались.

Изменения в технике бороздкового полива к 1950—1951 гг. заключались в сокращении (в среднем до 0,3—0,7 л/с) расхода, подаваемого в борозду, увеличении длины поливных борозд до 100—150 м и продолжительности пуска воды в борозду.

В результате полив хлопчатника приблизился к виду полива, который впоследствии называли поливом по глубоким бороздам малой струей. В 1951—1957 гг. в связи с осуществлением второго этапа переустройства, так называемого перехода на новую систему орошения, поливные участки значительно укрупнились. На многих полях была проведена планировка поверхности. Длина борозд увеличилась.

В 1955—1956 гг. с целью внедрения перекрестной обработки хлопчатника с одновременным сохранением густоты стояния сельскохозяйственные машины были переделаны для возможного использования их на междурядьях 0,45—0,6 м. Глубина борозд уменьшилась. Расходы в начале борозд снизились до 0,1—0,4 л/с.

Междурядья с шириной 0,45 м просуществовали недолго, так как в них можно было нарезать только мелкие борозды, а с шириной 0,6 м распространены до сих пор. На этих междурядьях в начале вегетационного периода, когда растения еще малы, трудно нарезать борозды нормальной глубины. Это влияет на возможный расход воды. В начале вегетации водопроницаемость почв повышенная. Следовало бы применять возможно большие расходы, однако из-за небольшой глубины борозд приходится пользоваться малыми расходами. Это ведет к замедлению скорости движения струи и завышению поливных норм.

В последние годы распространение получает возделывание хлопчатника на междурядьях с шириной 0,9 м. Такие междурядья с точки зрения гидротехника являются лучшими.

Процесс полива по бороздам можно разделить на три стадии: движение струи до конца борозды; впитывание

воды по всей длине борозды при сбросе или некотором подпоре ее в концевой части (при малых уклонах); впитывание накопленной воды после прекращения подачи.

В зависимости от условий поля (уклон, водопроницаемость почвогрунтов, обработка почвы, длина борозд) и от расхода в начале борозды продолжительность той или иной стадии и значение их в процессе увлажнения будут различны. Многочисленные факторы и неодинаковые условия обуславливают в хлопководческих хозяйствах разнообразие сочетаний элементов техники полива. Из всех существующих сочетаний элементов техники полива опишем лишь полив в зоне больших, средних и малых уклонов на почвах средней водопроницаемости.

В зоне больших уклонов ($i > 0,007$) поливают малыми расходами по проточным бороздам со сбросом, длина которых задана условиями рельефа. Продолжительность полива большая, она иногда достигает до 6—7 дней. Поливные нормы велики (2500 м³/га и более). Сброс составляет 20—35% поливной нормы. Воду сбрасывают маленькими расходами в тальвег, расположенный за полем. Продвигаясь по тальвегу вниз, она испаряется и фильтруется вглубь. Однако если на нижней границе поля есть постоянно действующий арык, если хлопковое поле, расположенное ниже, поливается одновременно, если ниже расположены люцерна или сад, то сбросную воду часто используют. Есть примеры, когда в нижней части тальвега ставят маленькие насосы и перекачивают воду на водораздел. Точно учесть долю повторно используемой сбросной воды трудно. По наблюдениям автора эта доля не превышает 40—50%.

В зоне средних уклонов ($i = 0,00375—0,007$) поливают также по проточным бороздам, но с меньшим сбросом (10—20%). Применяют значительно большие расходы, обеспечивающие более быстрое продвижение воды по борозде и лучшую равномерность увлажнения вдоль борозды. Продолжительность полива сокращается до 1—2 суток. В результате поливные нормы уменьшены до 1500—2000 м³/га. Сбросная вода не используется.

В зоне малых уклонов ($i = 0,001—0,00375$) хлопчатник поливают по тупым бороздам без сброса. В конце поливаемого участка создается подпор примерно до отметки на 5 см ниже корневой шейки. Подпор рас-

пространяется вверх к середине участка на длину, определяемую уклоном. Это обстоятельство поливальщики считают благоприятным, способствующим выравниванию увлажнения вдоль борозды. Если подпор больше, то сбрасывают лишнюю воду в конце поля в соседнюю дрена или уменьшают подачу воды на поле. В этой зоне расходы в борозду самые большие (0,7—1 л/с). Поливные нормы составляют 1250—1750 м³/га.

В зоне слабоуклонных и безуклонных земель ($i < 0,001$) первые два полива хлопчатника, когда растения еще малы, осуществляют по тупым бороздам без сброса. Последующие поливы напоминают полив затоплением, хотя борозды и сохраняются. Подпор распространяется на 250—300 м. На полях с пониженной и слабой водопроницаемостью поливают в два-три приема с перерывами на 3—4 дня. Обработка почвы в перерывы невозможна, так как поле стоит мокрым. Потери на испарение достигают больших величин. Поливные нормы составляют 1250—1500 м³/га.

Почвы Средней Азии по сравнению с каштановыми и черноземными почвами значительно менее водопроницаемы, поэтому они требуют малых расходов и большей продолжительности полива. Типичные сероземы предгорной зоны сильно подвержены эрозии при поливах, что вынуждает применять очень маленькие расходы (0,05—0,1 л/с) вместо оптимальных по условиям водопроницаемости этих почв 0,5—0,7 л/с. Это, в свою очередь, увеличивает продолжительность полива.

В ряде мест первые поливы хлопчатника и особенно «вызывные» поливы делают не в каждую борозду, а через борозду, что снижает поливную норму, которая в данный момент не должна быть особенно большой и уменьшает продолжительность этого срочного и важного полива в хозяйстве. На полях с повышенной водопроницаемостью воду пускают в борозды, по которым прошли колеса тракторов и уплотнили почву, а на полях с пониженной водопроницаемостью — наоборот.

На почвах с повышенной водопроницаемостью полив осуществляется нормой, обеспечивающей «добегание» без сброса, то есть вторая стадия доувлажнения получается очень короткой.

Основные затраты труда при поливе приурочены к началу полива, когда подготавливают участок, направляют оголовки борозд (дерном, бумажными или другими лос-

кутами), распределяют воду между бороздами. Дальше поливают с меньшей интенсивностью труда (пассивное наблюдение). Полив начинают утром или вечером. В жаркое время полив нового участка не начинают. Для небольшого коллектива поливальщиков при сменной организации труда важно примерное уравнивание затрат труда отдельными членами. Поэтому в практике полив (работы) не передают в любой стадии. Пуск воды в новую серию борозд (новый участок) приурочивается к сменам. Этим предопределяется продолжительность пуска воды в борозду. Организация труда прямо влияет на технику полива. Обычно к кратности смен подбирают продолжительность полива и приспособливают расход воды в борозды.

На водообеспеченных системах некоторые опытные поливальщики используют «переменную струю» с индивидуальным регулированием. Один поливальщик идет по верху поля, а другой по низу поля и сигналами показывает, в какой борозде надо сократить или прибавить ток воды. Такая визуальная связь возможна на расстоянии 250 м. На некоторых участках применяют полив с переменной подачей воды. После добегания ее до конца всех борозд или после небольшого подпора ее в конце поля подача воды на поле сокращается на 30—50%. Этим ликвидируется или снижается сброс с поля, лучше сохраняются внесенные удобрения, уменьшаются фактические поливные нормы. Однако это не значит, что появляющийся излишек воды используется на полив соседнего или близлежащего участка хозяйства. Поливальщики, самовольно снижая водоподачу на поле, излишек воды транзитно направляют вниз по каналу к нижерасположенному водопользователю, где к приему этого излишка не готовы. Если же точка водозабора далека от поливаемого поля, то излишек воды направляют непосредственно в сброс.

На водообеспеченных системах примерно с 22 часов до 6 часов полив происходит в отсутствие поливальщика, но перед уходом для доброкачества ночного полива он снижает расход воды наполовину, направляя излишек нижерасположенному водопользователю или в сброс. На системах, расположенных в нижней части р. Амударьи, водовыпуски из магистральных и распределительных каналов по ночам несколько прикрывают. Происходит аккумуляция воды в верхних бьефах пере-

гораживающих сооружений, но этот процесс совершенно не изучен.

На маловодообеспеченных же системах Кашкадарьинской, Самаркандской областей УзССР, на системах Туркменской ССР (по левую сторону Каракумского канала) даже при ночных поливах регулируют воду по бороздам и наблюдают за добеганием и увлажнением в конце поля.

Применяемый в настоящее время способ полива хлопчатника и других пропашных культур по бороздам требует больших затрат труда на подготовку поля к поливу: на устройство ок-арыков и на распределение воды по бороздам. На полив одного гектара хлопчатника затрачивается 1—2 человеко-дня, однако при этом не обеспечивается достаточное равномерное увлажнение почвы на поле, что приводит к пестроте развития хлопчатника и недобору значительного количества урожая.

Сложность полива и производительность труда при поливе в разных местах Средней Азии очень различны. Особенно трудно поливать в зоне предгорий на сложном адырном рельефе с легкосуглинистыми почвами повышенной водопроницаемости и на малоуклонных равнинах, где поля не спланированы и имеют сложный микрорельеф. Здесь длина борозд диктуется не нормативами, а микрорельефом поля. Обычно в таких условиях по бороздам поливают только до конца июля, а затем переходят на полив затоплением.

Итак, существующая техника полива хлопчатника в Средней Азии пока несовершенна:

элементы техники полива в большинстве случаев применяются не в зависимости от уклона, водопроницаемости почв, а на основе субъективного взгляда каждого поливальщика. Это приводит к завышению поливных норм, увеличению сброса и к неравномерности увлажнения поливного участка;

в производственных условиях весьма трудно добиться оптимальных сочетаний q , T и L . Время T , как выше было сказано, определяется не оптимальной продолжительностью, а организацией труда. На длину борозды L влияют мезо- и микрорельеф. Поэтому поливальщик приспособляется к условиям только варьированием расхода q , который тоже сильно меняться не может;

низкая производительность труда на поливе;

в зоне больших уклонов наблюдается эрозия почв;

густая сеть временных оросителей, особенно на староорошаемых землях, снижает производительность сельскохозяйственных машин.

Хлопчатник и другие пропашные культуры в основном поливают по бороздам. Остальные культуры (люцерна и др.) и сады поливают свободным напуском. Поливы механизированы в основном в новых совхозах Голодной степи, в совхозах Каракумстроя, а также в опытных совхозах им. Пятилетия Узбекистана и «Малек». В УзССР в 1975 г. 93% орошаемой площади поливалось по бороздам с распределением воды простейшими средствами (чим, салфетки, трубочки и др.), 3% — с помощью трубочек-сифонов. В последние годы стали шире применять гибкие трубопроводы. Так, в новой зоне Голодной степи с помощью гибких трубопроводов из лотков и машины ППА-165 поливается уже 120 тыс. га хлопчатника (4,5%). Однако внедрение механизации полива в Голодной степи не снижает существенно поливные нормы. Дождевание осуществляется на площади 1500 га как опытно-производственное испытание.

Доброкачество поливов, их автоматизация и механизация возможны лишь на участках правильной конфигурации с хорошо спланированной поверхностью. Для староорошаемых земель переустройство полей и планировка являются обязательным мероприятием, которое должно предшествовать внедрению автоматизированных и механизированных поливов.

МЕТОДИКА ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ

Природные условия орошаемых земель разнообразны, а встречаемые в хозяйственных условиях комбинации элементов техники полива многочисленны. Исследовать технику полива по всей совокупности встречающихся сочетаний практически невозможно, поэтому исследования были проведены на специально намеченных типовых участках оросительных систем или орошаемых регионов.

При выборе участков использовали почвенные карты Узгипрозема и придерживались заранее намеченной системы опытов (Лактаев, 1965).

Каждый опыт на поле включал в себя три варианта с расходами q_1 , q_2 и q_3 . Делянка варианта на поле имела 9 борозд, из них: пять борозд, по которым колеса

трактора не проходили, две борозды, по которым колесо проходило один раз, и две борозды, по которым колесо проходило дважды.

В процессе опыта записывалось время пуска воды во все борозды (пуск был одновременным); время добегания струи до створов в сухой борозде для построения опытных кривых $x=f(t, q, i)$. На полях с большими и средними уклонами расходы в створах и в концах борозд (на сбросе) измеряли треугольными водосливами. Это позволяло определить изменение поливной нормы по отрезкам. На малоуклонных полях расходы по створам не определяли. В этом случае измеряли сбросной расход в конце борозд. Живое сечение ω , смоченный периметр χ и ширина по урезу B для последующего уточнения зависимостей $\omega=f(q, i)$, $\chi=f(q, i)$ и $B=f(q, i)$ находили с помощью микросъемок поперечных сечений.

В зоне больших уклонов деформации сечений до и после полива и мутность воды, идущей в сброс, позволили изучить вопросы эрозионного смыва при поливе.

В каждом конкретном полевым опыте при определенных q, i, ω опытная функция (кривая) $x(t)$ одновременно является, хотя и косвенной, но зато очень надежной комплексной характеристикой свойств водопроницаемости почвогрунта. Задачу отыскания параметров $K_{уст}$, b и α (обратная задача) по опытной кривой $x(t)$ при заданных q, i, ω решил Г. И. Будников (1971).

Основная цель полевых исследований заключалась в сборе многочисленных данных о фактических $x=f(t, q, i)$, чтобы на этой базе, решая «обратную» задачу, выявить параметры впитывания $K_{уст}$, b и α и сделать их классификацию. Одновременно предполагалось выяснить, как на одном и том же поле, но при разных q (следовательно, разных ω, χ, B) меняются параметры впитывания $K_{уст}$, b и α .

Для зоны предгорий важно было выяснить предельные расходы в начале борозд из условий недопущения эрозии. Перед началом опытов (в конце мая) были выбраны опытные поля и установлены значения расходов по вариантам q_1, q_2 и q_3 .

За десять лет исследования были проведены на 57 полях. На каждом поле за вегетацию замеры проводили для двух-трех поливов при трех расходах.

Если частным опытом назвать фактическую кривую $x(t)$ варианта, осредненного по данным девяти борозд,

то к 1969 г. было проведено 515 таких опытов. При обработке данных использованы и результаты других исследователей. Итого имелось в распоряжении 630 опытов.

Полностью и по всем регионам намеченную программу выполнить не удалось. Мало охвачены такырные почвы, запесоченные почвы дельты р. Амударьи и маломощные супесчаные почвы конусов выноса горных рек. Недостаточно опытов на малоуклонных землях. Однако сделанный объем полевых исследований вполне позволяет обосновать изложенные ниже выводы.

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

Первый этап камеральной обработки заключался в отыскании параметров $K_{уст}$, b и α из опытных кривых $x(t)$, то есть в решении множества обратных задач.

В результате решения обратных задач получена совокупность опытных данных $K_{уст}$, b и α . Эта совокупность, хотя и показала определенную закономерность, но была еще недостаточно упорядочена, так как на данной стадии камеральной обработки еще не выявлено влияние размеров живого сечения борозды на процесс впитывания. Другими словами, не установлено изменение параметров $K_{уст}$, b и α в зависимости от расхода воды в борозде и уклона поля. Эта промежуточная задача решалась в двух вариантах. Изменение параметров находили в зависимости от смоченных периметров и ширины потока по верху B .

Наиболее удачная корреляция между параметрами впитывания и размерами потока получалась при связи параметров с шириной по урезу B . Однако возникла идея воспользоваться связью не с шириной по урезу B (линейная величина), а с относительной шириной, равной отношению ширины по урезу B к ширине междурядий a , то есть величиной, показывающей степень затопляемости поля водой при поверхностном орошении. Например, при поливе затоплением $B: a = 1$, а при поливе по бороздам малыми расходами при большом уклоне отношение $B: a$ может составлять всего 0,1. Благодаря этому можно было бы наметить классификацию почвогрунтов по параметрам водопроницаемости, не зависящую от q и i , то есть такую систему стандартных $K_{уст}$, b и α , которая одинаково могла бы применяться как для расчета при поливе слоем воды (затопление, напуск),

так и для расчета бороздкового полива при самых разнообразных расходах и на полях с любыми уклонами, поскольку q , i и B/a между собой связаны.

Полевые опыты по изучению бороздкового полива проводились с одновременным изучением трех вариантов q_1 , q_2 и q_3 . На основе камеральной обработки данных этих опытов при ширине междурядий 0,6 м для $K_{уст}$ и b была найдена следующая однотипная эмпирическая связь:

$$b_{ст} = \frac{b_{опыта}}{\sqrt[3]{1 - \left(1 - \frac{B}{a}\right)^3}} \text{ и} \quad (13)$$

$$K_{уст.ст} = \frac{K_{уст.опыта}}{\sqrt[3]{1 - \left(1 - \frac{B}{a}\right)^3}}, \quad (14)$$

где $K_{уст.ст}$ и $b_{ст}$ — параметры, названные стандартными, которые характеризуют соответствующие параметры при поливе затоплением и напуском; $K_{уст.опыта}$ и $b_{опыта}$ — те же параметры, определенные по вариантным опытам бороздкового полива; B/a — соответствующая относительная ширина, при которой определены опытные $K_{уст}$ и b .

Для междурядий, равных 0,9 м, зависимости (13) и (14) сохраняются, только показатель степени двучлена в скобках под радикалом должен быть не три, а шесть. Это указывает на то, что интенсивность впитывания при малых и средних B на широких междурядьях несколько больше, чем на узких, а при больших B впитываемость выравнивается.

Достаточного числа прямых сопоставительных опытов по изучению динамики впитывания при затоплении и при бороздковом поливе на одном и том же поле не было. Поэтому были использованы результаты опытов других исследователей.

Сравнение этих материалов с нашими данными показало, что при поливе затоплением α несколько ниже, чем при поливе по бороздам, то есть затухание скорости впитывания при поливе затоплением происходит медленнее, а скорость впитывания в первый час при затоплении больше, чем при поливе по бороздам. Было принято, что α стандартные и при бороздковом поливе примерно связаны следующей зависимостью

$$\alpha_{ст} = \alpha_{опыта} - 0,1. \quad (15)$$

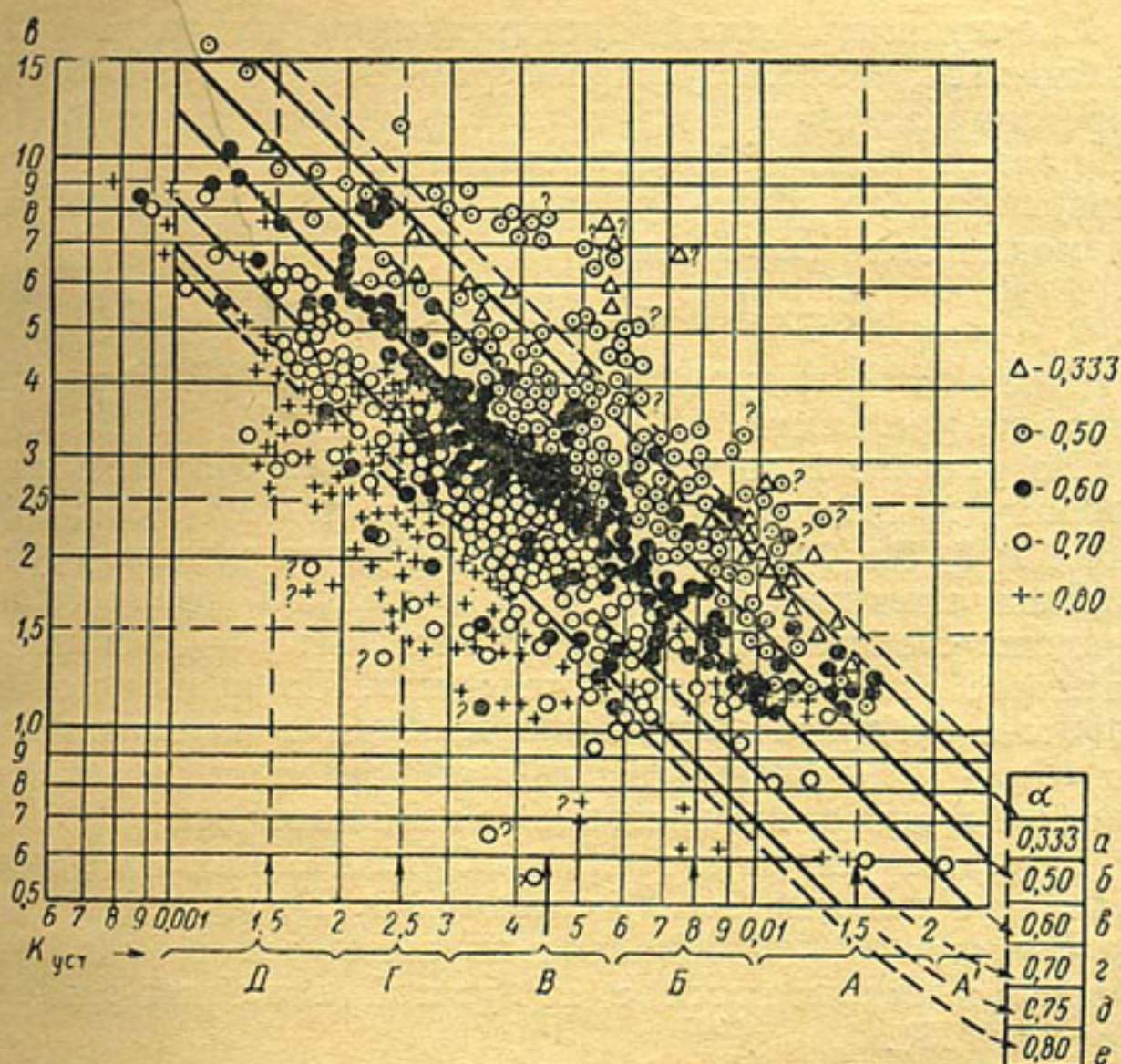


Рис. 2. Совокупность опытных точек $K_{уст}$, b и α , трансформированных в стандартное поле:

Δ — глины и тяжелые суглинки с водопроницаемыми прослойками; Γ — тяжелые суглинки; B — средние суглинки; B — легкие суглинки; A — супеси и мощные развитые черноземы; A' — песок и галька с песком; a — почва хорошей структуры в рыхлом состоянии; $б$ — промежуточное состояние между 0,333 и 0,60; $в$ — почвы средней структуры и средней плотности; $г$ — промежуточное состояние между 0,60 и 0,75; $д$ — слабооструктурные почвы сильно уплотненные; $е$ — бесструктурные оплывающие почвы.

На основании зависимостей (13), (14) и (15) каждая опытная точка и вся совокупность точек была трансформирована в поле «стандартных» $K_{уст}$, b и α , то есть в новую совокупность, уже независимую от примененных в опытах расходов и от уклонов опытных полей. Эта совокупность изображена на рисунке 2.

Новое поле, показанное на рисунке 2, стало более компактным и более упорядоченным, что свидетельствует о правильности проделанной трансформации и о наличии объективной закономерности в изученном природно-производственном явлении.

Совокупность точек, представленная на рисунке 2, показывает, что между параметрами $K_{уст}$, b и α имеется определенная связь, которая математически может быть аппроксимирована зависимостью типа $K_{уст}b = f(\alpha)$. Эта зависимость довольно проста и связь между параметрами может быть выражена.

$$K_{уст.ст}b_{ст} = 0,03085 - 0,03165\alpha_{ст}. \quad (16)$$

Значения α могут меняться от 0,25 до 0,8. Точность связи по уравнению (16) составляет $\pm 10\%$.

На рисунке 2 по уравнению (16) построено пять наклонных прямых при стандартных α , равных 0,333; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75 и 0,80. Предварительно была сделана группировка опытных данных по α . В каждой группе были найдены среднеарифметические значения $K_{уст}$, b и квадратичное отклонение каждого опыта. По правилу о 3σ опыты с квадратичными отклонениями, превышающими 3σ , были отброшены. Таких точек оказалось мало. На рисунке 2 около них поставлены знаки вопроса.

Внутри групп по α точки разбросаны. Часто они смещаются в полосы (зоны) соседних α . Но определенные по группам $K_{уст}$ b образуют хорошую закономерность. Они-то и связываются с α простой линейной зависимостью (16).

Следующий этап камеральной обработки заключался в группировке опытных данных в зависимости от почвогрунтов. В результате этого было установлено:

параметр $K_{уст}$ зависит от водопроницаемости подпахотного горизонта. Чем плотнее и тяжелее по механическому составу подпахотный слой, тем меньше параметр $K_{уст}$;

параметры b и α зависят от структуры пахотного слоя. Чем больше оструктурен этот горизонт или чем больше он имеет макропор, тем меньше α и больше b ;

параметры $K_{уст}$ и b уменьшаются от первого вегетационного полива к последующему; связь между снижением водопроницаемости к концу вегетационного периода и повышением параметра α пока не выявлена;

динамика впитывания зависит также от исходной предполивной влажности, особенно по параметру b .

Из 630 опытов по добеганию к первому поливу относится 175 опытов (27%), ко второму — 160 (24,4%), к третьему — 129 (20,5%), ко всем последующим 107 (17%). Остальные опыты, взятые из литературных источников,

в большинстве случаев не имели указаний на номер полива. Очевидно, они относятся к поливам, проводимым в мае—июне. Первый полив является самым сложным и ответственным, но его параметры не могут характеризовать остальные поливы. Технология полива и нормативы были разработаны по средним данным, характеризующим поливы хлопчатника во второй половине июня.

Опыты проводились при исходной влажности, близкой к нормальной предполивной влажности, то есть не ниже 0,65 ППВ.

Следует отметить, что большинство опытов было проведено на типичных сероземах, светлых сероземах и окультуренных пустынных почвах, а по механическому составу — преимущественно на средне-, тяжело- и легкосуглинистых. Опытов, проведенных на других почвах, было мало.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВОГРУНТОВ ПО ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ

Предлагаемая классификация параметров в зависимости от механического состава подпахотного горизонта и оструктуренности пахотного слоя изображена на рисунке 3. Маленькими кружочками отмечены сочетания параметров при разных комбинациях механических составов пахотного и подпахотного горизонта. Пять точек выделены особо как типовые, показывающие сочетание параметров для пятибалльной оценки почвогрунтов по водопроницаемости:

- сильноводопроницаемые почвогрунты (индекс А);
- почвогрунты повышенной водопроницаемости (Б);
- средневодопроницаемые почвогрунты (В);
- почвогрунты пониженной водопроницаемости (Г);
- слабопроницаемые почвогрунты (Д).

Почвенные условия многообразны, но нет возможности и необходимости разрабатывать технологию полива для всех комбинаций условий. Только в начале полива, до поглощения почвой поливной нормы 300—400 м³/га, кривые скорости впитывания и кривые нарастания поливной нормы в разных условиях очень различные и переплетаются между собой. Иногда кривые по почвогрунтам с малым $K_{уст}$ обгоняют в указанном начальном диапазоне кривые со средними $K_{уст}$, но при выходе из него кривая с любым сочетанием впадает, так сказать, в зону притяжения какого-либо класса (балла) по водопроницаемости.

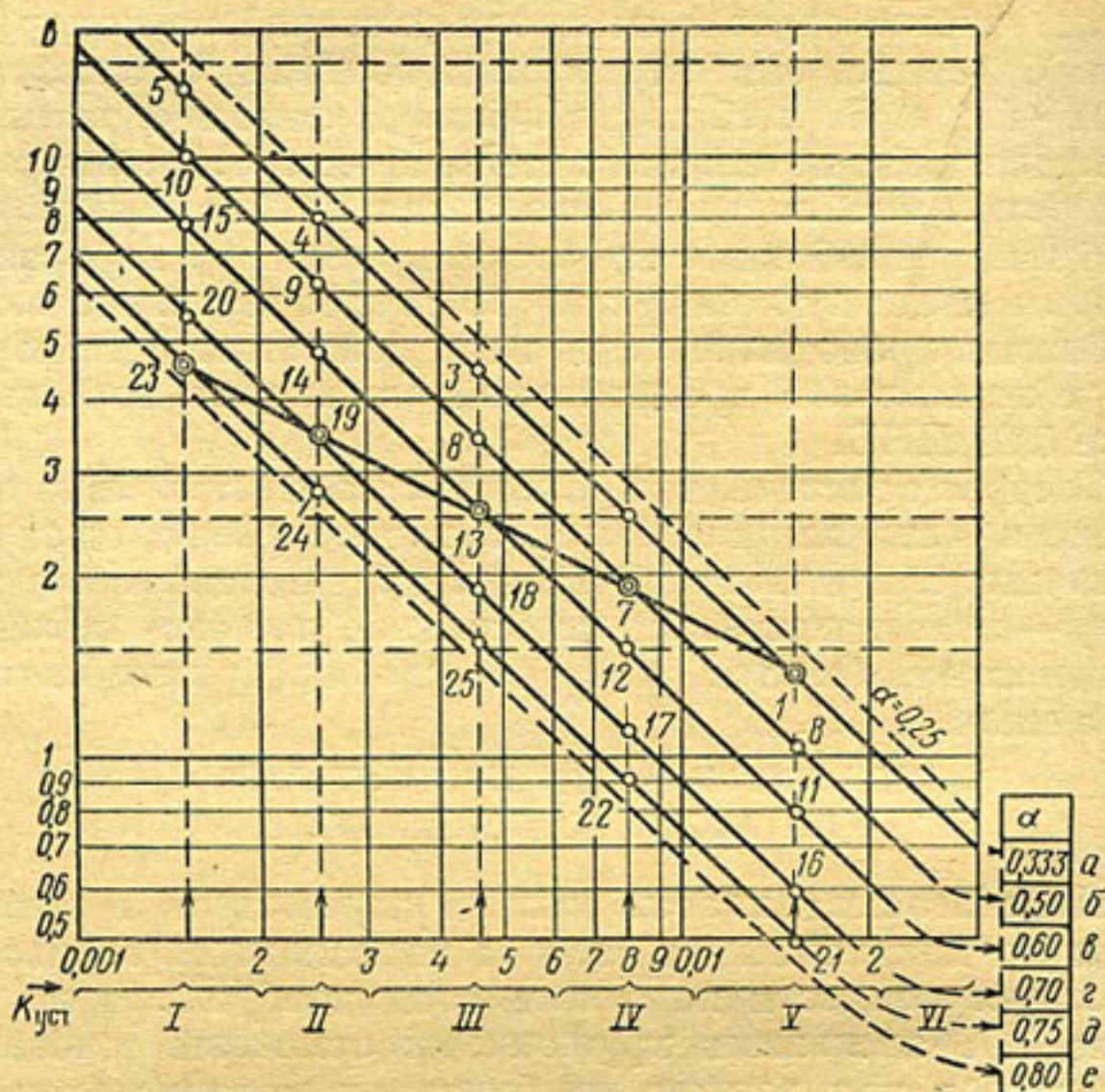


Рис. 3. Проект классификации параметров $K_{уст}$, b и α в зависимости от почвенных условий:

I — глины и тяжелые суглинки с водопроницаемыми прослойками; II — тяжелые суглинки; III — средние суглинки; IV — легкие суглинки; V — супеси и мощные развитые черноземы; VI — песок и галька с песком; a — почва хорошей структуры в рыхлом состоянии; b — промежуточное состояние между 0,333 и 0,60; b — почвы средней структуры и средней плотности; g — промежуточное состояние между 0,60 и 0,75; d — слабоструктурные почвы сильно уплотненные; e — бесструктурные оплывающие почвы.

ницаемости. Это позволяет с достаточной достоверностью судить о результативном увлажнении в конце поливов, продолжительность которых значительно больше времени, необходимого для поглощения нормы 300—400 м³/га.

На рисунке 4 для указанных пяти баллов водопроницаемости почвогрунтов изображены кривые нарастания поливных норм при исходной (предполивной) влажности 65—70% ППВ (или НВ).

Если к количественным параметрам водопроницаемости добавить оценки водопроницаемости, исходя из применимости дождевания или бороздкового полива с ори-

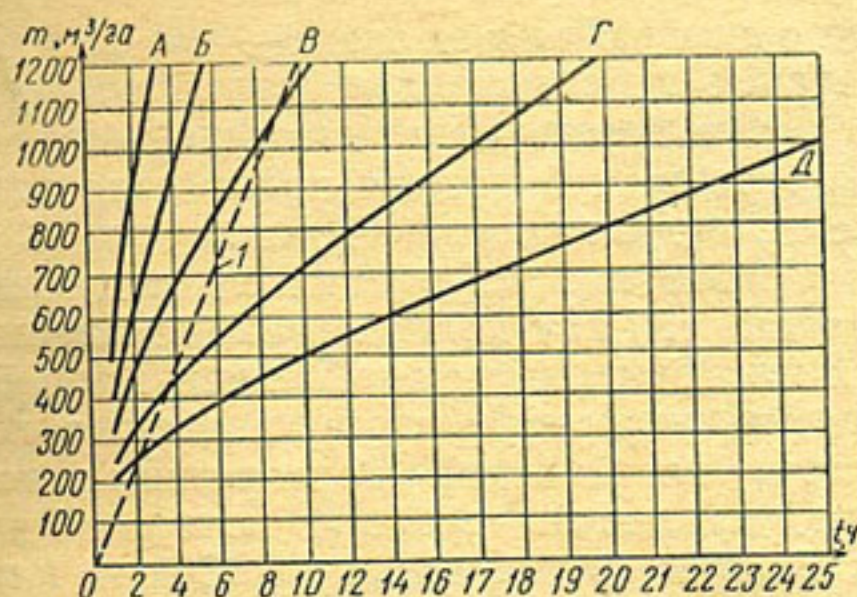


Рис. 4. Нарастание поливных норм при впитывании воды почвогрунтами различной водопроницаемости:

А, Б, В, Г, Д — индексы почв по водопроницаемости; 1 — нарастание поливной нормы при интенсивности дождя 0,2 мм/мин.

ентировочными (пока) рекомендациями по длине борозд, то классификацию почвогрунтов по водопроницаемости можно представить следующим образом:

сильноводопроницаемые — возможно дождевание всеми существующими аппаратами и машинами без образования луж и поверхностного стока; бороздковый полив возможен при бороздах длиной не более 100 м, поэтому крайне нежелателен;

повышенной водопроницаемости — возможно дождевание всеми аппаратами и машинами, за исключением позиционного короткоструйного дождевания; бороздковый полив осуществляется при длине борозд 100—200 м;

средней водопроницаемости — возможно дождевание в позиции дальне- и среднеструйными насадками с интенсивностью дождя 0,25—0,30 мм/мин; возможно прерывистое дождевание машинами типа ДДА-100 в движении при длине гона не менее 300 м; бороздковый полив производится по бороздам, как правило, длиной 200—300 м;

пониженной водопроницаемости — возможно дождевание мелкокапельным дождем слабой интенсивности (менее 0,25—0,20 мм/мин); бороздковый полив осуществляется при длине борозд 300—400 м, а при широких междурядьях длина борозд может быть еще больше;

слабоводопроницаемые — на хлопковых полях дождевание нерационально; полив по бороздам допустим по длине борозд, превышающей 400 м. При поливе по укороченным бороздам полив надо делать в 2—3 приема с интервалами в 3—4 дня.

Возможно, эта классификация не подойдет для условий Украины, так как количественные параметры впитываемости для средних почв Средней Азии будут считаться параметрами слабоводопроницаемых почв, а параметры почв повышенной водопроницаемости будут свойственны украинским средним почвам. Однако если составлять единую для Советского Союза классификацию почв по водопроницаемости, то из нее нельзя исключать слабоводопроницаемые почвы аридной зоны. Эти замечания надо учитывать и при оценке предложений по технике полива для слабоводопроницаемых почв.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО УКЛОНАМ

Второй существенный фактор для разработки технологии полива, решения задачи оптимизации полива и создания поливных устройств и машин — средний уклон местности. Применительно к поставленным задачам, учитывая специфику техники полива по бороздам при различных уклонах, применяемые разновидности поливов и особенности ирригационной сети, подводящей воду к полю (для перспективы), устанавливается следующая классификация орошаемых земель по уклонам местности (табл. 1).

Особенности поливов на уклонах более 0,05 и детальное районирование этой зоны с дополнительным учетом рельефа будут рассмотрены дальше.

ТИПОВЫЕ СОЧЕТАНИЯ ВОДОПРЕНИЦАЕМОСТИ ПОЧВОГРУНТОВ И УКЛОНОВ МЕСТНОСТИ

В таблице 2 показаны все возможные сочетания условий, построенных на двух вышеописанных классификациях почвогрунтов по водопроницаемости и уклонам орошаемых полей, и присвоенные им индексы. Индексы уклонов обозначены римскими цифрами, а индексы водопроницаемости — прописными буквами.

Таблица 2 может создать впечатление об одинаковой распространенности этих 25 комбинаций. Фактическая

Таблица 1. Классификация орошаемых земель по уклонам

Характеристика зоны, индексы	Уклон местности		Особенности техники поверхностного орошения	Особенности ирригационной сети, подводящей воду к полю (перспектива)
	от—до	средний		
Зона безуклонных и очень малоуклонных земель, V	Менее 0,001	0,0005	Полив без сброса. Подпор с конца борозды распространяет- ся на 250—300 м, это обеспе- чивает высокий к. п. д. техни- ки полива	Бетонированные каналы. За- глубленные земляные каналы; передвижными станциями вода подается в поливные устройст- ва и машины
Зона малых уклонов, IV	0,001— 0,0025	0,00175	Полив без сброса. Подпор распространяется на 75—100 м	Железобетонные лотки и бе- тонированные каналы
Зона средних уклонов, име- ющая наибольшее распростра- нение, III	0,0025— 0,0075;	0,005	В конце борозды небольшой местный подпор на 10—50 м. Наблюдаются незначительные сбросы воды, но их можно из- бежать при поливе уменьшен- ным расходом	Закрытая сеть подземных трубопроводов с гидрантами, с относительно большими диа- метрами труб 0,45—0,375 м
Зона больших уклонов, II	0,0075— 0,025	0,01	Начало явления эрозии почв при поливах. Необходимо сни- жать расходы против опти- мальных; к. п. д. полива сни- жается	То же, $d=0,375-0,3$ м
Зона очень больших укло- нов, I	0,025— 0,05	0,04	Вынужденный полив очень малыми расходами, неизбеж- ны сбросы и переувлажнение верхней части борозды, самые низкие к. п. д. техники полива	То же, $d=0,30-0,25$ м
Зона пологих склонов пред- горий и всхолмленных релье- фов, Ia	0,05— 0,1	0,075	Полив по склонным бороз- дам и контурное орошение	То же, $d=0,25-0,20$ м
Зона крутых склонов в тех же регионах, Ib	Больше 0,10	0,2	Полив по террасам	То же, $d=0,20-0,15$ м

**Таблица 2. Типовые сочетания
водопроницаемости почвогрунтов и уклонов местности.
Индексификация**

Водопроницаемость почвогрунтов	Уклон $\left(\frac{\text{от—до}}{\text{средний}} \right)$				
	0,025— —0,05	0,0075— —0,025	0,0025— —0,0075	0,001— —0,0025	менее 0,001
	0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
Сильноводопроницаемые (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником, примерно с одного метра)	I-A	II-A	III-A	IV-A	V-A
Повышенной водопроницаемости (легкие мощные суглинки)	I-B	II-B	III-B	IV-B	V-B
Средней водопроницаемости (средние суглинки)	I-B	II-B	III-B	IV-B	V-B
Повышенной водопроницаемости (тяжелые суглинки с прослойками средних)	I-Г	II-Г	III-Г	IV-Г	V-Г
Слабоводопроницаемые (глины и суглинки, подстилаемые водонепроницаемыми прослойками)	I-Д	II-Д	III-Д	IV-Д	V-Д

распространенность типовых комбинаций условий показана в таблице 3. Наибольшее распространение в аридной зоне имеет сочетание условий под индексом III-B. Достаточно широкое распространение получили также сочетания, обведенные пунктирной рамкой. Остальные сочетания условий встречаются реже, а некоторые из них могут совершенно отсутствовать.

НОРМАТИВЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА

К. П. Д. ТЕХНИКИ ПОЛИВА — КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ

За главный критерий оптимизации техники полива был принят максимально возможный к. п. д.

В будущем на основе развитых материальных ресурсов можно будет создать любые совершенные оросительные системы, но создать дополнительные объемы оросительной воды нужного качества, сверх имеющихся в природе, будет невозможно.

Как известно, в результате полива распределение увлажнения вдоль борозды не может быть одинаковым

Таблица 3. Распространение типовых сочетаний по территории УзССР (% общей площади)

Водопроницаемость	Уклоны				
	I	II	III	IV	V
A	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{1,4}{1,1}$	$\frac{2,1}{2,3}$	$\frac{1,0}{1,0}$
B	$\frac{0,2}{0,2}$	$\frac{1,0}{1,2}$	$\frac{5,3}{4,2}$	$\frac{7,0}{7,8}$	$\frac{3,2}{3,7}$
B	$\frac{1,3}{1,6}$	$\frac{4,8}{5,6}$	$\frac{21,2}{16,9}$	$\frac{20,7}{23}$	$\frac{5,2}{6}$
Г	$\frac{0,6}{0,8}$	$\frac{2,0}{2,3}$	$\frac{9,5}{7,6}$	$\frac{5,4}{6}$	$\frac{3,2}{3,6}$
Д	$\frac{0,1}{0,1}$	$\frac{0,4}{0,5}$	$\frac{1,7}{1,4}$	$\frac{1,0}{1,1}$	$\frac{1,3}{1,5}$

Примечание. В числителе — существующее положение; в знаменателе — перспектива.

из-за разного времени увлажнения отдельных створов. Эпюра увлажнения на полях со средними и большими уклонами показана на рисунке 5, а.

Фигура ABC представляет сброс за пределы борозды. Наименьшее увлажнение, получаемое в конце борозды, показано ординатой в створе точки A (фактического конца борозды). Наибольшее увлажнение в начале борозды — ордината m_0 . Всегда m_0 превышает максимально

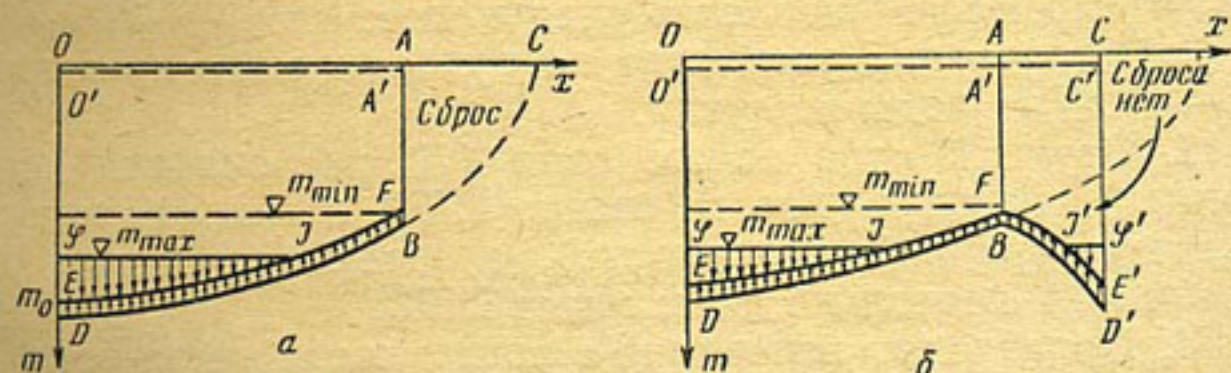


Рис. 5. Эпюра увлажнения:

а — на полях со средними и большими уклонами; б — на полях с малыми уклонами.

необходимое увлажнение $m_{\max}$, удерживающееся в расчетном корнеобитаемом слое, т. е. в той или иной степени всегда имеются потери на фильтрацию. Фигура $BDEF$ — потери на испарение в процессе полива. $OO'A'A$ — потери на испарение с мокрого поля в первые два-три дня после окончания полива. Отношение части эпюры $OGIFA$ ко всей эпюре — к. п. д. техники полива.

На малых уклонах в конце поля поливальщики для того, чтобы ускорить полив, сэкономить воду и улучшить равномерность увлажнения вдоль борозды, специально устраивают некоторый подпор. В этом случае точка A сдвигается вверх, к середине борозды, на длину подпора, определяемого уклоном поля. Эпюра увлажнения изображена на рисунке 5, б. Сброс или сильно сокращается или совсем ликвидируется. В конце борозды получается второй очаг глубинной фильтрации и повышенного испарения, но к. п. д. значительно повышается. Оптимальное сочетание q , L , T , при котором к. п. д. имеет максимальные значения, определялось решением множества задач с использованием математической модели бороздкового полива.

ИСХОДНЫЕ УСЛОВИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Поливные нормы. За расчетный полив примем полив в середине июня. В зависимости от гидромодульного района при глубоком залегании грунтовых вод это будет третий полив хлопчатника, а при очень близком залегании грунтовых вод — второй или первый.

Так сложилось, что потребные поливные нормы на опытных делянках определяли по разности между предельной полевой влагоемкостью (ППВ) и оптимальной предполивной влажностью. Образцы на влажность отбирали за день до полива и через 2—3 дня после него. За это время наблюдается следующее:

1. Хлопчатник расходует на транспирацию примерно 35—40 м³/га воды за сутки.

2. Верхний слой почвы поля (10 см) сначала (при поливе) переувлажняется свыше ППВ до полной влагоемкости (равной порозности), а затем иссушается до влажности несколько даже ниже ППВ.

3. Происходит испарение с поверхности уреза воды в борозде и капиллярно-увлажненной поверхности поля.

Первые две статьи расхода при назначении поливной нормы (нетто) учитываются в графах 4 и 5 (табл. 4).

Таблица 4. Необходимые поливные нормы и минимально допустимые увлажнения в точке А

Характеристика метрового слоя почвогрунта по механическому составу	Водо- прони- цае- мость	Поливная норма по дефициту влаги, м³/га $\left(\frac{\text{от}-\text{до}}{\text{средняя}}\right)$	Потери поливной нормы, м³/га		Расчетная поливная норма нетто, м³/га	Задавалось на ЭВМ					
			на испаре- ние с по- верхност- ного слоя	на тран- спирацию во время полива		средняя полив- ная нор- ма, м³/га	неравномерность увлажнения, % сред- ней поливной нормы			поливные нормы, м³/га	
							в на- чале борозд	в точ- ке А	раз- ни- ца		
											8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Легкие почвы (супесча- ные) с малой полевой влажностью, возмож- но, оскелеченные	А	$\frac{500-550}{525}$	50	20	595	600	110	80	30	660	480
	Б	$\frac{600-650}{625}$	75	40	740	750	110	82,5	27,5	825	618
Средние почвы	В	750	100	60	910	900	110	85	25	990	765
Промежуточные поч- вы между типами В и Д	Г	800	125	80	1005	1000	110	87,5	22,5	1100	875
Очень тяжелые почвы (глины), очень влажем- кие, с большой пороз- ностью	Д	850	150	100	1100	1100	110	90	20	1210	900

Учесть же третью статью на данной стадии исследований сложно (к ней вернемся позднее).

К сожалению, при бороздковом поливе нельзя добиться равномерного увлажнения вдоль борозды, имеющего прямоугольную эпюру. Поэтому эта неравномерность при расчетах предусматривается в графах 8—12 (табл. 4).

Причем максимальное увлажнение в критической точке A служит обязательным требованием, а принятое увлажнение в начале борозды понимается как предел, сверх которого поданная в почву вода фильтруется вглубь и для разового полива данного поля является потерей. Последующий подъем грунтовых вод на почвах переходного ряда и на гидроморфных почвах будет учтен позднее.

Испарение при бороздковом поливе. Учет испарения в процессе полива и в первые дни после полива является сложным, но решение его, хотя бы в первом приближении, совершенно необходимо. Особенно это необходимо при рассмотрении орошения хлопчатника на полях с тяжелосуглинистыми и глинистыми почвами, где продолжительность самого полива и срок поспевания почвы исчисляются сутками.

В опытах по изучению впитывания и в опытах по технике полива, то есть при определении параметров $K_{уст}$, b и α , испарение отдельно не учитывается. Однако оно входит в функции $K(t)$ и $m(t)$:

$$K(t) = K_{впит}(t) + \varepsilon(t) \quad \text{и} \quad (17)$$

$$m(t) = m_{впит}(t) + E(t), \quad (18)$$

где ε — скорость испарения; E — испарившийся слой.

Согласно этому, исходное уравнение (3) должно быть записано так

$$x(t) = \frac{qt}{\omega} - \frac{a}{\omega} \int_0^t m(\tau) x'_1 dt_1 - \frac{u}{\omega} \int_0^t E(\tau) x'_1 dt_1, \quad (19)$$

где u — ширина полосы испаряющей поверхности (величина, меняющаяся во времени).

Эпюру увлажнения, рассчитываемую по уравнению впитываемости при заданных (вернее полученных из опыта) параметрах $K_{уст}$, b и α , надо подрезать снизу, уменьшив впитывание (глубину увлажнения) на величину испарившегося слоя. Причем обязательно снизу, так как в

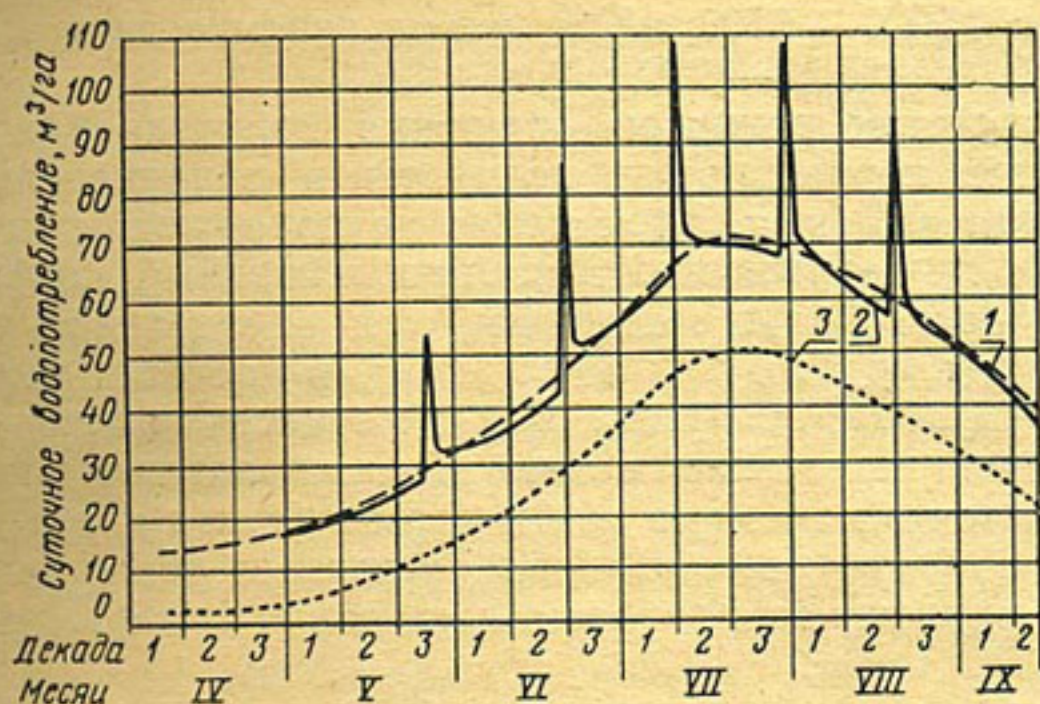


Рис. 6. Среднесуточное водопотребление хлопкового поля (эвапотранспирация):

1 — водопотребление по обобщенной плавной кривой; 2 — водопотребление с учетом интенсивного испарения в конце полива и в первые дни после полива; 3 — транспирация (обобщенная плавная кривая).

противном случае изменится поливная норма нетто и увеличатся потери на глубинную фильтрацию*.

Испарения при поливе наряду с испарением из почвы в межполивной период до сих пор включают в суммарное водопотребление хлопкового поля. При исследовании суммарного водопотребления эти испарения, как правило, не выделяют.

Согласно методикам Средазгипроводхлопка и СоюзНИХИ, основа расчета режима орошения — суммарное водопотребление, определяемое биоклиматическим методом. Сам биоклиматический метод и его главный коэффициент, связывающий водопотребление с испаряемостью, — эмпирические.

Водопотребление изображается обычно плавной кривой (рис. 6). График характеризует осредненные показатели суточного водопотребления хлопкового поля в центральной климатической зоне хлопкосеяния (по СоюзНИХИ) в условиях автоморфных среднесуглинистых почв для урожайности 30—35 ц/га. Площадь под кривой показывает, что суммарное водопотребление с 5/IV по 15/IX составило 7000 м³/га, оросительная норма с

* Можно было бы откладывать испарение выше оси абсцисс x , но тогда сложнее строить нижнюю часть эпюры.

26/V по 15/IX — 6100 м³/га, использование запасов влаги с 5/IV по 25/V — 900 м³/га.

В расчетах режимов орошения полученное водопотребление корректируют некоторыми дополнительными коэффициентами, а затем делят на поливные нормы нетто. Последние умножают на приближенный коэффициент, который больше единицы, для определения поливной нормы брутто. Таким образом, в расчетах режимов орошения вода, испарившаяся в процессе полива, как и вода, испаряемая из почвы в межполивные периоды, включается в полезную часть нормы (к. п. д.), а не в потери. Значит устанавливая режимы орошения можно не заниматься вопросом выделения потерь при поливе.

Однако с точки зрения оценки разных способов орошения и прогнозирования баланса водных ресурсов это важный вопрос. Приступая к его исследованию, необходимо отметить, что более правильно было бы изображать водопотребление не плавной кривой, а кривой с зубцами в дни полива (см. рис. 6). Зубцы изображают часть кривых в дни полива и в 3—4 последующих дня. Высота зубца ограничена сверху энергетическими возможностями — испаряемостью. Это предел суммарного испарения хлопкового поля, который в июне составляет 80—90 м³/га. Максимальное испарение при бороздковом поливе происходит в конце полива, когда часть поверхности поля занята непосредственно водой, а оставшаяся часть сплошь капиллярно увлажнена. Если бы в это время поверхность поля не затенялась в какой-то степени растениями, а сами растения не транспирировали бы, то подсчитать испарение было бы относительно легко. Оно примерно равнялось бы испаряемости. В данных же условиях максимальное испарение можно оценить пока только ориентировочно как разность между высотой зубца и транспирацией хлопчатника. Транспирация в середине июня равна 25—30 м³/га в сутки, так что разность составит 60 м³/га в сутки. Эти потери значительно превышают обычно неустраняемое испарение почвой в межполивной период, которое в июне примерно составляет 15—20 м³/га. Испарения из почвы в аридной зоне нельзя существенно снизить даже при подпочвенном орошении. В конце июля транспирация возрастает в 2—2,5 раза, а испарение почвой ввиду затенения увеличивается незначительно.

Принятая максимально возможная скорость испарения в конце полива $60 \text{ м}^3/\text{га}$ в сутки ($2,5 \text{ м}^3/\text{га}$ в час или $0,00025 \text{ м}^3/\text{ч}$) в расчетах испарения играет роль, аналогичную $K_{\text{уст}}$ при расчетах впитывания. Только при расчетах впитывания $K(t)$ снижается, стремясь к $K_{\text{уст}}$, а при испарении $\epsilon(t)$ повышается, стремясь к $\epsilon_{\text{max}} = 2,5 \text{ м}^3/\text{га}$ в час, но может его и не достигнуть, если к концу полива сохраняются сухие полосы в ряду растений (рис. 7).

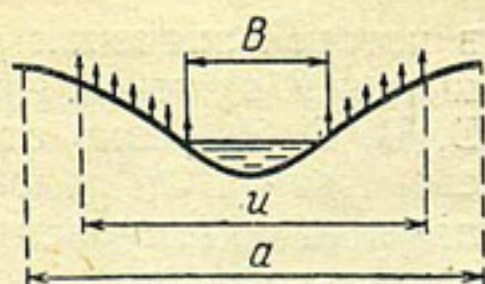


Рис. 7. Площадь испарения в конце полива.

В начале полива вода испаряется с уреза (с полосы B). В конце полива, в силу капиллярного увлажнения, вода испаряется уже с полосы u , которая на тяжелосуглинистых и глинистых почвах при узких междурядьях ($0,6 \text{ м}$) совпадает с их шириной a . Отношение u/a представляет собой долю испаряющей поверхности от всей поверхности поля.

Конечно, испарение в дневные и ночные часы совершенно различно, но, чтобы не усложнять расчеты, в них используются среднесуточные испарения.

В таблице 5 даны исходные параметры расчета испарения, которые были приняты для вычислений на ЭВМ.

Таблица 5. Исходные параметры для расчета испарения

Почво- грунты	Междурядья 0,6 м				Междурядья 0,9 м			
	u	сухая полоса	u/a	$\epsilon_{\text{уст}}$	u	сухая полоса	u/a	$\epsilon_{\text{уст}}$
А	0,5	0,1	0,84	2,1	0,7	0,2	0,777	1,94
Б	0,52	0,08	0,88	2,2	0,72	0,18	0,8	2,0
В	0,54	0,06	0,9	2,25	0,75	0,15	0,833	2,08
Г	0,56	0,04	0,94	2,35	0,78	0,12	0,867	2,17
Д	0,6	Нет	1,0	2,5	0,80	0,10	0,890	2,23

Скорость испарения с начала поступления воды на створ до окончания полива определяли по экспонентной зависимости:

$$\epsilon(t) = \epsilon_{\text{уст}} \frac{B}{u} + \epsilon_{\text{уст}} \left(1 - \frac{B}{u}\right) (1 - e)^{-yt}, \quad (20)$$

в которой значения y меняются в зависимости от отношения B/a (то есть расходов и уклонов) и типа почв А, Б, В, Г, Д, резко отличающихся своими капиллярными свойствами. Он подобран так, чтобы ширина полосы испарения по экспонентному закону увеличивалась от B до u в конце полива.

Испарившийся слой в каждом створе борозды является интегралом функции (20)

$$E(\tau) = \varepsilon_{уст} (T - t_x) + \frac{\varepsilon_{уст}}{y} \left(1 - \frac{B}{u}\right) [1 - e^{-y(T-t_x)}], \quad (21)$$

но в нем t заменено на $T - t_x$, где T время полива, а t_x время добегания до створа x .

Испарение в первые дни после окончания полива уже непосредственно не относится к технологии бороздкового полива. Это происходит и при бороздковом поливе, и при дождевании. Оно в момент окончания полива равно $\varepsilon_{уст}$ (см. табл. 5) или $\varepsilon_{нач}$ (табл. 6) и постоянно уменьшается до скорости испарения из почвы в момент спелости для обработки ($24 \text{ м}^3/\text{га}$ за сутки или $1 \text{ м}^3/\text{га}$ за час). Испарение изменяется по кривой с двумя изгибами, изображенной на рисунке 8, сплошной линией. Учитывая точность расчетов, эту кривую можно заменить прямой, показанной пунктиром. Продолжительность периода от окончания полива до поспевания почвы ($t_{обр}$) зависит от свойств почвы (табл. 6). В этой же таблице показаны: скорости испарения $\varepsilon_{нач}$, $\varepsilon_{кон}$ и испарившийся объем воды за период поспевания почвы. После обработки скорость испарения снижается до средней скорости испарения из почвы в межполивной период, равный на средне-суглинистых почвах $0,75\text{—}0,8 \text{ м}^3/\text{га}$ в час, или $18\text{—}20 \text{ м}^3/\text{га}$ за сутки.

Длина подпорного участка. Ее принимали по данным таблицы 7, которые были найдены геометрически из условий допустимой максимальной глубины воды в конце борозды ($0,1 \text{ м}$ для междурядий $0,6 \text{ м}$ и $0,12 \text{ м}$ для междурядий $0,9 \text{ м}$).

При построении эпюр увлажнения борозды в ее конце использовали стандартные параметры впитывания и испарения, как при затоплении. А вверх по подпорному участку до критиче-

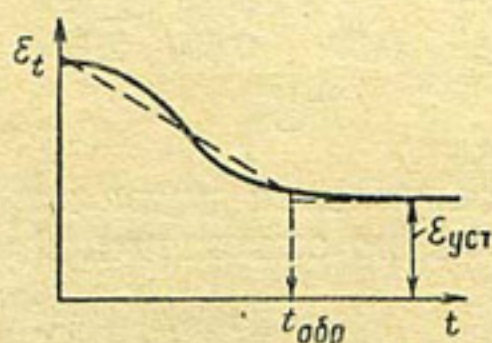


Рис. 8. Кривая испарения после полива.

Таблица 6. Испарение от окончания полива до обработки почвы

Почво-грунты	$t_{обр},$ ч	$\epsilon_{нач},$ м ³ /га в час	$\epsilon_{кон},$ м ³ /га в час	Объем испарения, м ³ /га	
				расчетный	принятый
А	36	2,1	1	56	50
Б	48	2,2	1	79	75
В	60	2,25	1	101	100
Г	72	2,35	1	124	125
Д	84	2,5	1	148	150

Таблица 7. Длина подпорного участка, м

Индексы	Уклоны	Средние борозды, $a=0,6$	Глубокие борозды $a=0,9$
III	0,00375	25	33
IV	0,00175	55	70
V	0,0005	200	250

ской точки А они убывали прямолинейно до расчетных значений для данного варианта.

Максимально допустимые расходы. Пределы возможных расходов на больших уклонах с точки зрения предотвращения эрозии изучали многие исследователи. По литературным данным, разноречивой в рекомендациях достаточно большой. Объясняется это тем, что опыты проведены в разных природных условиях и на почвах различного генезиса. Допустимый расход зависит не только от уклона, но и от свойств почв, от их оструктуренности и сопротивления размываемости.

Для предгорий Средней Азии этот вопрос на типичных сероземах Узбекистана исследовал Б. Ф. Камбаров, а на темных сероземах Южной Киргизии — Р. М. Авербух.

Было установлено, что расходы воды, соответствующие скоростям начала движения частиц почвы, зависят не только от уклона, но и от противоэрозионной устойчивости почв. Так как численное значение этих расходов оказалось очень малым, то они не могли быть рекомендованы в качестве нормативных, то есть полив без какого-то допустимого смыва в производственных условиях

невозможен. Для того чтобы определить максимальные расходы, Б. Ф. Камбаров установил предварительно допустимую норму смыва за сезон $\mathcal{E}_{\text{доп}}$ и показатели стойкости A для различных почв (табл. 8). При этом он принял во внимание данные В. Б. Гуссака о том, что продуктивный слой почвы ежегодно возрастает на 1,5—2 мм, то есть примерно на 26 т/га.

Таблица 8. Допустимые нормы смыва почвы при поливах, т/га за сезон

Механический состав почв	Новоорошаемые почвы				Староорошаемые почвы			
	мощные		маломощные		мощные		маломощные	
	$\mathcal{E}_{\text{доп}}$	A	$\mathcal{E}_{\text{доп}}$	A	$\mathcal{E}_{\text{доп}}$	A	$\mathcal{E}_{\text{доп}}$	A
Тяжелые суглинки	20	0,0087	12,5	0,0065	25	0,0055	20	0,0036
Средние суглинки	17,5	0,0067	10	0,050	20	0,0046	15	0,0033
Легкие суглинки	15	0,0061	7,5	0,034	10	0,0039	7,5	0,0030

Для расчета максимального расхода q_{max} Б. Ф. Камбаров предложил формулу

$$q_{\text{max}} = \frac{A \mathcal{E}_{\text{доп}}^{0,333}}{i^{0,7}} \quad (22)$$

Кривые максимальных расходов, построенные на основании формулы (22), изображены на рисунке 9. Кривые 1 для супесей, 2 для средних суглинков и 3 для тяжелых суглинков построены с учетом рекомендации Б. Ф. Камбарова для зоны типичных сероземов, кривые 4, 5 и 6 соответственно для тех же почв * — Р. М. Авербух, но для зоны темных сероземов. Для уклонов меньше 0,01 нормативные максимальные расходы приняты по исследованиям САНИИРИ в зависимости от ширины междурядий. Точки на кривой 7 показывают q_{max} при междурядьях 0,6 м, а на кривой 8—0,9 м. Из условий вместимости воды в борозду уширенные междурядья позволяют поливать большими расходами.

Сравнивая эти допустимые расходы, с расходами, обусловленными водопроницаемостью тех же почв и

* По механическому составу.

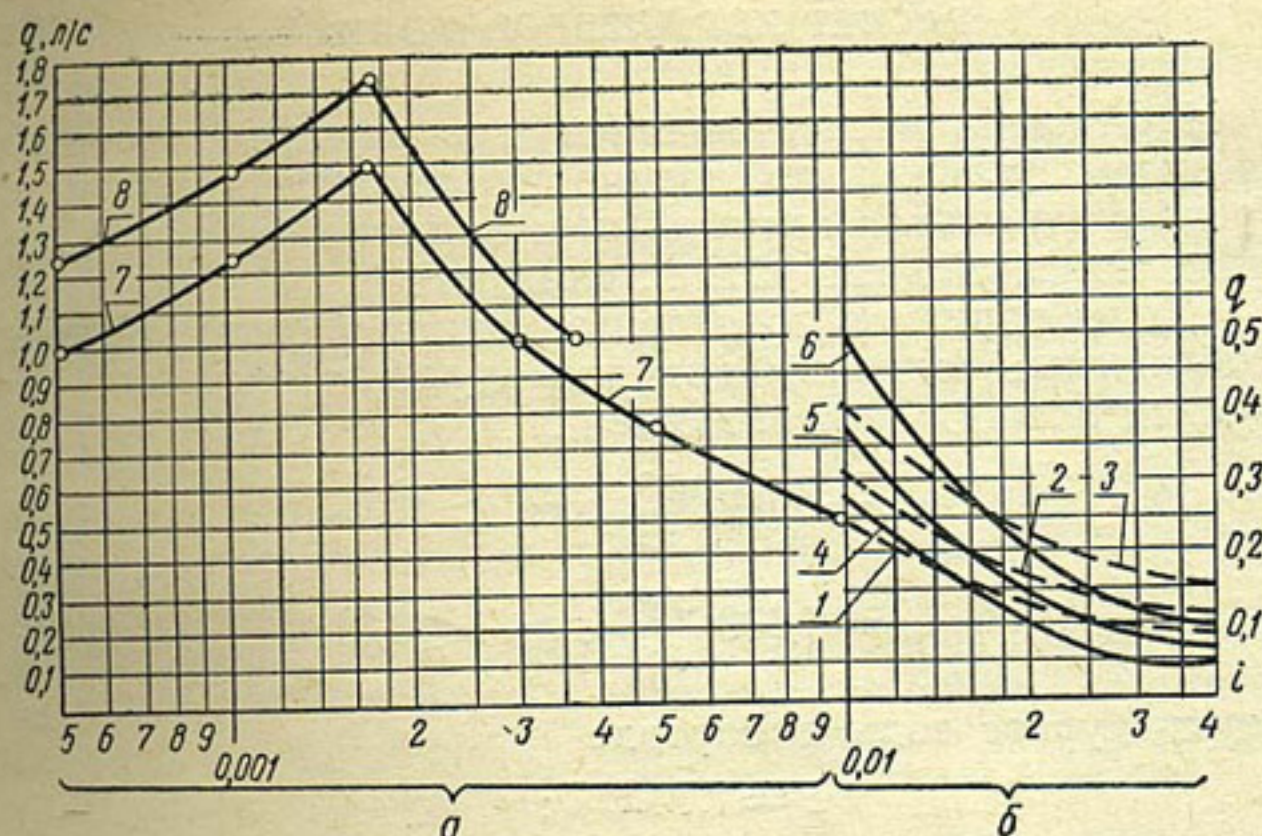


Рис. 9. Максимально допустимые расходы в бороздах:
а — для уклонов $< 0,01$; б — для уклонов $> 0,01$.

обеспечивающими более высокий к. п. д. техники полива, отмечаем, что зависимость получается обратная. Легкие почвы, наиболее подверженные эрозии, имеют малые допустимые расходы, а по условиям водопроницаемости на них надо поливать большими струями, иначе вода не дойдет до конца борозды или поливные нормы будут чрезмерно большими. На тяжелых же суглинках, которые эрозионно более устойчивы, расход струй должен быть несколько меньше, чем $q_{\max}$, в противном случае будет очень большой сброс. В связи с этим для дальнейших расчетов приняты осредненные значения максимально допустимых расходов при различных уклонах (табл. 9).

Таблица 9. Максимально допустимые расходы, л/с

Ширина между- рядий, м	Зоны по уклонам и величина уклонов					
	I зона 0,04	II зона 0,01	III зона		IV зона 0,00175	V зона 0,0005
			0,005	IIIa под- зона 0,00375		
0,6	0,1	0,5	0,75	—	1,5	1,0
0,9	—	—	—	1	1,75	1,25

РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ПОЛИВА

Нормативы рассчитывались для каждого типового сочетания условий по водопроницаемости и уклонам. Процесс отыскания оптимальных сочетаний q , L и T , дающих максимальный к. п. д., следующий.

1. Для варианта по q при заданном i были найдены необходимые величины для последующих расчетов: средняя площадь живого сечения

$$\omega = 0,062 \frac{q^{0,6}}{i^{0,3}} \text{ для } i \geq 0,01 \quad (23)$$

и

$$\omega = 0,039 \frac{q^{0,6}}{i^{0,4}} \text{ для } i \leq 0,01; \quad (24)$$

ширина уреза воды в борозде

$$B = 1,14 \sqrt[3]{\omega}; \quad (25)$$

относительная ширина $B : a$.

2. Переход от стандартных параметров впитывания ($K_{\text{уст.ст.}}$, $b_{\text{ст.}}$, $\alpha_{\text{ст.}}$) к расчетным параметрам для данного варианта по q и i по формулам (13), (14) и (15).

3. Расчет $m(t)$ по формуле (8), являющейся ядром уравнения (3).

4. Расчет $x(t)$ по формуле (3), то есть решение прямой задачи.

5. Для последовательно увеличивающихся значений продолжительности полива T_j вычислялись значения:

$$\tau_x = T_j - t_1, \quad m_x = m(\tau_x), \quad E_x = E(\tau_x), \\ m_{\text{нетто},x} = m_x - E_x;$$

то есть точки для построения эпюры при заданном интервале времени.

6. Нахождение положения точки A , имеющей заданную ординату $m_{\text{нетто}}$ (графа 12, табл. 4).

7. Определение площади составных частей эпюры, показанной на рисунке 5, б, и вычисление к. п. д. при разных T_j и разных положениях точки A , то есть при разных длинах борозд, к. п. д. = $f(L)$ при $q = \text{const}$.

Несколько сложнее окончание расчета при $i \leq 0,00375$, когда в конце борозды образовывается подпор. В этом случае после пункта 6 следовали пункты.

7, а. Определение положения конца борозды путем

сложения длины l_A до точки A с длиной участка подпора $l_{\text{подп}}$ (табл. 7). Вычисление условного сброса за пределы борозды.

8, а. Установление максимально возможного поглощения воды почвой и испарения в концевом створе борозды из условия впитывания, как при поливе затоплением, и испарением при максимальном $\varepsilon_{\text{уст}}$.

9, а. Определение дополнительного приращения эпюры m_x на участке подпора от $x=A$ до $x=L$ по линейному закону.

10, а. Сравнения дополнительного приращения эпюры с величиной условного сброса; здесь могут быть три случая:

возможное дополнительное приращение эпюры m_x на участке от $x=A$ до $x=L_i$ равно величине сброса за пределы L_i ; когда эпюра остается вычисленной, а сброса не будет (редкий случай);

возможное дополнительное приращение меньше величины сброса, тогда эпюра остается вычисленной, а сброс уменьшается (на величину приращения);

возможное дополнительное приращение эпюры больше сброса, тогда сброса не будет, но эпюра на участке $x(A) - x(L_i)$ соответственно уменьшается из условия, что ее приращение равно величине сброса.

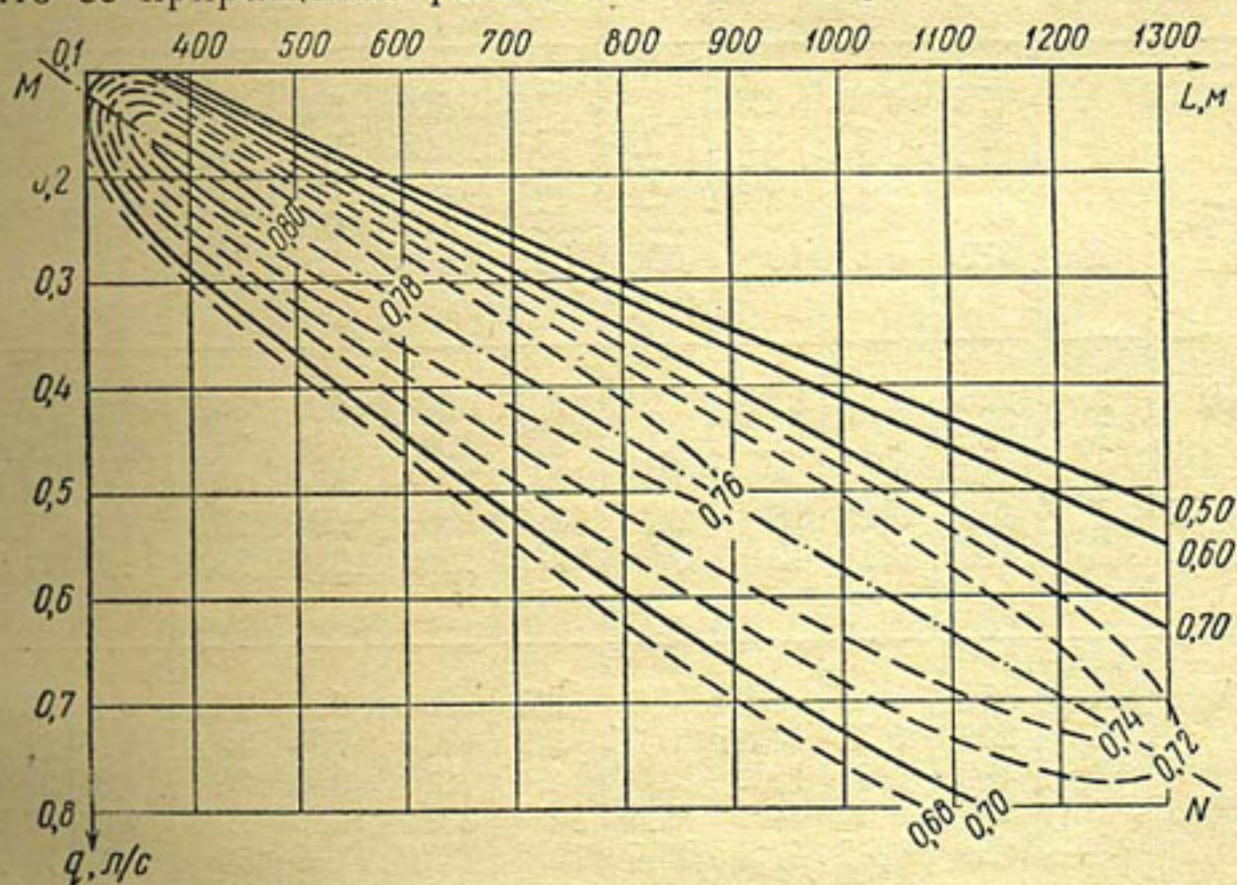


Рис. 10. Образец поверхности к. п. д. $= f(q, L)$.

Таблица 10. Нормативные элементы техники бороздкового
аридной

Индексы, уклоны $i_{\text{ср}}$	Водопроницаемость, индексы	Длина борозд L , м	Расход q , л/с	Время, ч			$m_{\text{брутто}}$, м ³ /га	$m_{\text{нетто}}$, м ³ /га	К. п. д.	Потери,	
				добегания	доливания	всего, T				на испарение	на фильтрацию
для междурядий 0,6											
I 0,04	А	40	0,1	5,7	2	7,7	1150	600	52	0,9	45,8
	Б	75	0,1	8	6	14	1120	747	66,7	1,5	26,9
	В	125	0,1	10,2	15,3	25,5	1220	893	73,1	2,7	11,7
	Г	150	0,05	26	46	72	1440	988	68,6	7,1	13,7
	Д	175	0,05	16	104	120	8060	1075	52,1	8,3	2,3
II 0,01	А	100	0,5	1,1	2,1	3,2	960	600	62,5	0,4	20,2
	Б	125	0,25	4,5	4,6	9,1	1090	748	68,7	1	17,4
	В	200	0,25	6	11	17,0	1270	890	70,1	2	4,3
	Г	200	0,1	14	38	52	1560	997	63,9	5	6,9
	Д	200	0,05	26	94	120	1800	1097	60,9	9,7	6,1
III 0,005	А	175	0,75	2,8	0,7	3,5	900	600	66,7	0,5	30,9
	Б	275	0,75	3,5	2,4	5,9	965	747	77,4	0,8	11,5
	В	325	0,5	5,5	7,5	13	1200	898	74,8	1,3	4,9
	Г	400	0,25	13	27	40	1500	1010	67,3	4,1	3,4
	Д	375	0,1	40	60	100	1600	1150	71,8	12,5	3,0
IV 0,0175	А	225	1,5	1,15	1,1	2,25	900	600	66,7	0,3	33
	Б	300	1	3,2	2	5,2	1040	750	72,1	0,7	17,8
	В	350	0,5	8	5	13	1120	894	79,8	1,6	12,1
	Г	425	0,25	16	21	37	1305	991	75,9	4,4	7,8
	Д	400	0,1	43	57	100	1500	1098	73,2	10,7	11,5
V 0,0005	А	150	1	1,8	0,5	2,3	920	600	65,2	0,4	34,4
	Б	250	0,75	4,85	0,95	5,8	1040	750	72,1	0,9	27
	В	350	0,5	10,3	3,7	14	1200	900	75	1,8	23,2
	Г	550	0,5	14,5	9,5	24	1310	1000	76,3	2,8	15,8
	Д	850	0,25	51,5	26,5	78	1376	1100	80	9,5	10,5

полива и к. п. д. полива для различных природных условий
зоны

%	на сброс	Длина борозд L , м	Расход q , л/с	Время, ч			$m_{\text{брутто}}$, м ³ /га	$m_{\text{нетто}}$, м ³ /га	К. п. д.	Потери, %		
				добегания	доливания	всего, T				на испарение	на фильтра- цию	на сброс
для междурядий 0,9 м, $i \geq 0,00375$												
1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
37,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
16,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
23,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
24,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
23,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
19,0	450	0,5	15	11,5	26,5	1176	970	82,5	3,05	5,6	8,85	
25,2	450	0,25	28	33,3	61,3	1362	1062	78	6,68	3,7	11,62	
12,7	400	0,1	76	81	157	1569	1184	75,6	15,1	5,1	4,20	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
9,4	450	1,2	6	2,8	8,8	938	805	86	1,9	4,1	8,0	
6,5	600	0,75	14	9,5	23,5	1175	986	83,9	2,76	4,34	9,0	
11,9	650	0,35	37,5	24,5	62	1336	1090	81,5	6,48	6,18	5,84	
4,6	550	0,15	77	62	139	1517	1188	78,3	13,5	4,6	3,6	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	600	0,75	17,4	3,8	21,2	1060	922	87	2,7	10,3	—	
5,1	850	0,5	40,2	9,6	49,8	1173	1032	88	5,8	6,2	—	
—	1000	0,3	84,0	31,6	115,6	1387	1170	84,4	11,38	2,45	1,77	

11, а. Определение площади составных частей эпюры, показанной на рисунке 5, б (аналогично пункту 7), и вычисление к. п. д. $=f(L_j)$ при том же $q = \text{const}$.

Для каждого сочетания типовых условий (а их принято 25) были определены кривые к. п. д. $=f(L_j)$ для десяти заданных q . Это позволило построить 25 поверхностей к. п. д. $=f(q, L)$ для междурядий 0,6 м и 10 поверхностей для междурядий 0,9 м. Одна из таких поверхностей, изображенная изолиниями равных к. п. д., показана на рисунке 10.

Анализ поверхностей к. п. д. $=f(q, L)$ показывает, что они имеют форму паруса выпуклостью вверх, с наличием самой высокой точки — аппликаты к. п. д. максимум при оптимальных ординатах q и L , представляющих «идеальное» сочетание элементов техники полива. Это сочетание названо «идеальным» по следующим соображениям:

точность решения всегда зависит от точности исходных данных; поскольку точность $K_{\text{уст}}$, b и α не превышает $\pm 5\%$, то и решение имеет такую же точность, которая вполне удовлетворяет требования практической применимости;

окрестность паруса вокруг «идеальной» точки имеет малую кривизну, особенно по линии MN , что дает право выбора ряда решений, а не считать полученное однозначное («идеальное») решение единственно приемлемым в производстве;

рекомендации для инженерных расчетов, как правило, дают в виде ряда стандартных величин.

Все это позволяет рекомендовать для практики проектирования и осуществления поливов в хозяйствах нормативную таблицу 10.

В этой таблице все величины уже пересчитаны по стандартному ряду q и L .

Однако в производстве (при проектировании и в хозяйствах) нормативную длину борозды можно выдерживать не всегда. При продольной схеме полива длина борозды должна укладываться целое число раз по длине поля, которая ограничена топографией местности, наличием оросительно-дренажной и дорожной сети. В условиях предгорий и на равнинах при поперечной схеме орошения длина борозды зависит от длины склона или от расстояния между водоразделами и тальвегами мезо-

рельефа равнины, которые нельзя переносить из-за большого объема работ по капитальной планировке полей.

Полученные поверхности к. п. д. (q, L) позволяют найти выход из этих трудностей без значительного снижения к. п. д. техники полива. При вынужденных отклонениях длины борозды от нормированной к. п. д. полива сильно не снизится, если одновременно изменить расход q в соответствии с линией MN (см. рис. 10).

Однако всему есть рациональные пределы. В условиях $i \geq 0,0037$ нельзя сильно как сокращать, так и увеличивать длину борозды, не меняя заданного исходного параметра $m(A)$ минимально допустимого увлажнения в критической точке A . Но для основных поливов хлопчатника $m(A)$ выбран правильно. Понижать этот параметр можно только при орошении овощных культур и при проведении вызывного полива хлопчатника. Для последнего можно рекомендовать только то, что делается рядом хозяйств в условиях маловодья: поливать через борозду, сокращать длину борозд при вызывном поливе в два раза по сравнению с обычной их длиной и поливать после добега струи уменьшенными расходами. После вызывного полива дополнительные ок-арыки ликвидируют, то есть восстанавливают нормальную длину борозд.

Вообще же можно поливать по бороздам и более коротким, чем рекомендуется, но переменным расходом с большей продолжительностью. Этот сложный полив будет рассмотрен позднее. При постоянном же расходе, легче поддающемся автоматизации, полив по коротким бороздам сильно снижает к. п. д. из-за увеличения потерь на сброс и снижения поливной нормы нетто.

УТОЧНЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ И К. П. Д. ТЕХНИКИ ПОЛИВА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Выращивание хлопка и других сельскохозяйственных культур в аридном климате требует больших затрат воды. Оросительные и поливные нормы хлопчатника в 2,5—3 раза больше норм орошения зерновых культур (не считая риса), в то же время они очень сильно отличаются друг от друга в зависимости от природных условий данного места. Например, оросительная норма хлопчат-

ника в Каракалпакской АССР составляет 3—4 тыс. м³/га, а в Вахшской долине — 13—15 тыс. м³/га.

При проектировании оросительных систем водопотребление и режимы орошения сельскохозяйственных культур рассчитывают для каждого гидромодульного района Средней Азии. Таким образом учитывают разнообразие природных условий.

Основными факторами районирования орошаемой территории для расчета водопотребления и режимов орошения являются:

местоположение (географические координаты) и высота над уровнем моря;

климатические условия: температура воздуха и длина безморозного периода, количество осадков и распределение их во времени, влажность воздуха и интенсивность испарения, ветры (сила, направление и повторяемость);

почвенно-грунтовые условия: механический состав, строение, водно-физические свойства, степень засоления и др.;

гидрогеологические условия: глубина залегания уровня и минерализация грунтовых вод, изменение этих факторов во времени (режим грунтовых вод), природные условия оттока и притока грунтовых вод (гидрогеологическая зональность);

водообеспеченность районов;

хозяйственно-экономические условия: применяемая агротехника, плодородие почв, урожайность и др.

Впервые эти факторы сформулировали В. М. Легостаев и Б. С. Коньков (1950). В этой же работе авторы дали методику районирования. В зависимости от механического состава почв (легкие, средние и тяжелые) и глубины грунтовых вод (более 3—4, 2—3 и 1—2 м) они выделили десять гидромодульных районов, для каждого из которых указали число и сроки поливов, поливные и оросительные нормы как вегетационных поливов, так и невегетационных поливов. При установлении норм орошения по гидромодульным районам они дифференцировали их также по климатическим зонам, выделив южную, центральную и северную зоны.

Эту методику неоднократно использовал СоюзНИХИ при районировании территории Узбекистана для разработки рекомендаций колхозам и совхозам по режимам орошения сельскохозяйственных культур и при обосновании составления планов водопользования.

В последние годы в Узбекистане принята методика районирования режимов орошения, разработанная Сред-азгипроводхлопком (Шредер и др., 1966).

По этой же методике Средняя Азия разделена на три широтные зоны: северная (С), центральная (Ц) и южная (Ю). Каждая из них подразделяется на две подзоны: северную (I) и южную (II). Кроме того, выделены поясновысотные зоны (табл. 11).

Т а б л и ц а 11. Поясновысотные зоны

Зона	Обозначение	Типы почвы
Пустыни	A	Пустынные типы почвообразования
Эфемеровые степи	A ₁	Переходные к сероземам
	B	Светлые сероземы
	B	Типичные сероземы
Разнотравные степи	Г	Темные сероземы

По гидрогеологическим условиям территория разделена на три почвенно- или гидрогеолого-мелиоративные области:

с глубоким залеганием грунтовых вод, не влияющих на почвообразование;

с устойчивым близким залеганием пресных или слабominерализованных грунтовых вод и почвами, не подверженными или слабо подверженными засолению;

с устойчивыми глубинами и режимом грунтовых вод, опресненных или минерализованных, и почвами, подверженными засолению.

В этих почвенно-мелиоративных областях выделяют следующие гидромодульные районы, служащие основой при дифференциации орошения (табл. 12).

Оросительную норму какой-либо сельскохозяйственной культуры в зависимости от ее местоположения и природных условий предложено определять по формуле

$$M = 10K_1K_2(E - O), \quad (26)$$

где M — оросительная норма, м³/га; E — испаряемость, мм; O — сумма осадков, мм; K_1 — коэффициент, зависящий от вида возделываемой культуры (0,55—0,88); K_2 — коэффициент, применяемый для дифференциации оросительной нормы по гидромодульным районам (0,45—1,14).

Таблица 12. Гидромодульное районирование орошаемой территории

Гидромодуль- ный район	Почвы и подстилающие грунты	Глубина залегания грунтовых вод, м
<i>Автоморфные, формирующиеся без влияния грунтовых вод</i>		
I	Маломощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощные песчаные Среднемощные суглинистые на песчано-галечниковых отложениях и мощно-супесчаные Мощные суглинистые и глинистые	3
II		
III		
<i>Переходного ряда, формирующиеся при слабом влиянии грунтовых вод</i>		
IV	Легкосуглинистые и супесчаные Суглинистые и глинистые	2—3
V		
<i>Гидроморфные, формирующиеся при умеренном влиянии грунтовых вод</i>		
VI	Легкосуглинистые и супесчаные Суглинистые и глинистые	1—2
VII		
<i>Болотно-луговые, формирующиеся при избыточном влиянии грунтовых вод</i>		
VIII	Легкосуглинистые и супесчаные Суглинистые и глинистые	0,5—1
IX		

Коэффициент K_1 для хлопчатника равен 0.65. Суммарная испаряемость E за теплое полугодие (IV—IX) определяется путем непосредственных наблюдений или по эмпирической формуле Н. Н. Иванова с введением коэффициента 0,8:

$$E = 0,0018 \cdot 0,8 (25 + t)^2 (100 - \alpha), \quad (27)$$

где E — испаряемость, мм; t — среднемесячная температура воздуха, °С; α — среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Однако специалисты СоюзНИХИ отметили, что «...в различных почвенно-климатических условиях размеры этих коэффициентов будут резко различаться. При расчете водопотребления по величине испаряемости совершенно игнорируется растение как живой организм. Известно, что при одинаковых величинах испаряемости потребность растений во влаге будет различной в зависи-

мости от сорта, фона удобрений, способов возделывания и применяемой агротехники» *.

Авторы этой работы, приняв за основу методику районирования Средазгипроводхлопка, разработали достаточно подробное районирование орошаемых земель каждой административной области Узбекистана. При этом был учтен большой экспериментальный материал по изучению поливных режимов на опытных станциях СоюзНИХИ, расположенных в различных почвенно-климатических условиях.

Однако поливные нормы СоюзНИХИ по-прежнему определял как разность между полевой влагоемкостью корнеобитаемого слоя и допустимой предполивной влажностью без учета техники полива. Правда, при районировании в 1971 г. максимальные поливные нормы хлопчатника были несколько увеличены (табл. 13). Все же новые максимальные поливные нормы, хотя теоретически и достаточны, но по-прежнему в производственных условиях неосуществимы.

Таблица 13. Сопоставление максимальных поливных норм ($\text{м}^3/\text{га}$) хлопчатника, рекомендуемых СоюзНИХИ в 1950 и 1971 гг.

Механический состав почвы	Максимальные поливные нормы		
	1950—1953 гг.	1969—1971 гг.	
		от	до
Глинистые	1000	1100	1200
Тяжелосуглинистые	900	1000	1100
Среднесуглинистые	800	900	1000
Легкосуглинистые	700	800	900
Песчаные и супесчаные	600	700	800

Тем более они не относятся к первым вегетационным поливным нормам, поскольку приведенные в таблице 13 максимальные нормы по рекомендациям СоюзНИХИ «...рассчитаны для полива почв с глубоким залеганием грунтовых вод при поливах в цветение и плодообразование. В период до цветения и в период созревания они должны быть уменьшены на 30%. Необходимо уменьшить поливные нормы и на почвах с близким залеганием грунтовых вод».

* Режим орошения и гидромодульное районирование по УзССР. Под редакцией В. М. Легостаева и М. П. Медниса. Ташкент, «Узбекистан», 1971.

Такое несоответствие между рекомендуемыми СоюзНИХИ поливными нормами и фактическими объясняется недоучетом в методике определения режимов орошения сути физического процесса, происходящего при поливе поля по бороздам. Метод расчета поливной нормы, основывающийся только на балансе влаги корнеобитаемого слоя без учета неизбежных потерь на сбросы воды за пределы поля и на глубинную фильтрацию ниже расчетного метрового слоя, пригоден только для полива дождеванием. При бороздковом же поливе расчет поливных норм значительно сложнее, а сами поливные нормы — больше. К ошибкам при вычислении поливных и оросительных норм приводит и недоучет уклона полей.

Все это необходимо учитывать при проектировании технологии полива, поливных устройств и машин, при определении расчетных расходов каналов и трубопроводов, подводящих воду к полю, а также при определении размеров реального водопотребления, хотя бы в ближайшие 10—15 лет, то есть до тех пор, пока не создадут более совершенную технику полива, обеспечивающую равномерное увлажнение поля нормами, равными 700—900 м³/га.

ОРОСИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И К. П. Д. ТЕХНИКИ ПОЛИВА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Прямым путем фактический к. п. д. в производственных условиях определить чрезвычайно сложно. Трудно измерить глубинную фильтрацию, возврат профильтрованной воды, испарение. Кроме того, для получения достоверного значения к. п. д. требуется очень большое число опытов в каждой комбинации условий по почвам и уклонам. Поэтому определим фактический к. п. д. косвенным путем. Для этого используем данные о фактическом числе поливов, оросительных нормах и обобщенные данные о размерах общего водопотребления хлопкового поля и размерах подпитывания грунтовыми водами при различных глубинах их залегания.

Задачу сводим к сопоставлению фактических и теоретических к. п. д. с целью корректировки оросительных норм в зависимости от дополнительного фактора — уклона.

Для того чтобы сделать соответствующие выводы и сравнения, наше районирование орошаемых полей по ук-

лонам необходимо привязать к мелиоративно-гидромодульному районированию СоюзНИХИ и Средазгипроводхлопка (табл. 14).

Таблица 14. Привязка районирования по уклонам к мелиоративно-гидромодульному районированию

Индексы уклонов	Почвы, глубина грунтовых вод	Осредненная оценка почв по механическому составу, индексы					Мелиоративная оценка зоны
		супесь, А	легкий суглинок, Б	средний суглинок, В	тяжелый суглинок, Г	глины, Д	
Автоморфные почвы							
I	Темные и типичные сероземы, $h \gg 4$ м	}	1	2	3	3	Зона мелиоративно благополучная
II	Типичные и светлые сероземы, $h > 4$ м						
III	Светлые сероземы, $h = 3 \div 4$ м						
Почвы переходного ряда							
IV	Переходные к сероземам, $h = 2-3$ м	}	4	4	5	5	Зона мелиоративно неустойчивая. Необходимы дренаж и промывки по почвам В, Г и Д
V	Переходные к сероземам и пустынные почвы, $h = 2-3$ м						
Гидроморфные почвы							
IV'	Пустынные почвы, $h = 1-2$ м	}	6	6	7	7	Зоны мелиоративно неблагоприятные. Необходимы развитый дренаж и промывки повышенными нормами
V'	Пустынные почвы, $h = 1-2$ м						

Индексы уклонов	Почвы, глубина грунтовых вод	Осредненная оценка почв по механическому составу, индексы					Мелиоративная оценка зоны
		супесь, А	легкий суг- линок, Б	средний суг- линок, В	тяжелый суг- линок, Г	глины, Д	

Гидроморфные, лугово-болотные почвы

VI"	Пустынные поч- вы, лугово-болот- ного типа, $h=0,5-1$ м	8	8	9	9	9	Зона мелиора- тивно-тяжелая. Хлопководство тре- бует коренных ме- лиораций для сни- жения грунтовых вод и их рассоле- ния
-----	--	---	---	---	---	---	--

Примечание. Арабские цифры обозначают номера гидромодульных районов по Средазгипроводхлопку и СоюзНИХИ.

Конечно, привязка в таблице 14 не охватывает всего многообразия природных условий. Так, в зонах типичных и светлых сероземов имеются почвы переходного ряда и гидроморфные почвы. Эти условия будут рассмотрены позднее. Также исключим из рассмотрения лугово-болотные почвы на малоуклонных землях IV" и V" зонах. После дренажа эти почвы должны быть переведены в разряд луговых при $h=1-2$ м.

По сделанному районированию составим водопотребление хлопкового поля на уровне хорошей агротехники с урожайностью от 30 до 35 ц/га в зависимости от бонитета.

Согласно данным СоюзНИХИ, общее водопотребление хлопкового поля от дня сева до дефолиации составит ($\text{м}^3/\text{га}$):

в северной климатической зоне	.	.	.	5000
в центральной	»	»	.	6500
в южной	»	»	.	7500

Водопотребление поля с дня сева до первого полива хлопчатника примем по таблице 15.

В северной климатической зоне даты сдвинутся назад примерно на 5 дней, а в южной — наоборот. Остальные показатели таблицы 15 существенно не изменятся. В слу-

Таблица 15. Водопотребление хлопкового поля от дня сева до первого полива в условиях центральной климатической зоны

Почвы, индекс	Средний день		Число дней до 1-го полива	Суточное водопотребление, м³/га	Водопотребление до 1-го полива, м³/га
	сева	1-го полива			
Супеси, А	5/IV	20/V	45	13,2	600
Легкие суглинки, Б	5/IV	25/V	50	15	750
Средние суглинки, В	5/IV	1/VI	55	16,2	900
Тяжелые суглинки, Г	5/IV	5/VI	60	17,5	1050
Глины, Б	5/IV	10/VI	65	18,5	1200

чае дождей может возрасти эвапотранспирация, но можно предположить, что вода осадков в транспирации не участвует. Испарение осадков, затрачивая энергию, существенно снижает расход запасов почвенной влаги в слоях глубже 10—15 см.

Теперь для почв переходного ряда и гидроморфных почв надо учесть использование хлопковым полем грунтовых вод. Примем для этого формулу С. Ф. Аверьянова:

$$W_{\text{гр.вод}} = W \left(1 - \frac{h}{H_{\text{кр}}} \right)^n, \quad (28)$$

где $W_{\text{гр.вод}}$ — подпитывание из грунтовых вод, м³/га; W — общее водопотребление, м³/га; $H_{\text{кр}}$ — критическая глубина грунтовых вод, с которой начинается подпитывание корнеобитаемого слоя, м; h — средняя глубина грунтовых вод в вегетационный период по гидромо- дульному районированию, м; n — показатель, зависящий от капиллярных свойств почв.

Параметры формулы подобраны автором книги по данным В. М. Легостаева с некоторым уменьшением (запасом) для легких почв (табл. 16).

Таблица 16. Параметры к формуле (28)

Почвы	$H_{\text{кр}}$	n	Почвы	$H_{\text{кр}}$	n
Супеси	2	1,5	Тяжелые суглинки	3,5	1,9
Легкие суглинки	2,5	1,6	Глины	4	2
Средние суглинки	3	1,75			

Графическое изображение зависимости (28) показано на рисунке 11. Принятые размеры использования грунтовых



Рис. 11. Использование грунтовых вод в общем водопотреблении:
А, Б, В, Г, Д — индексы почв по водопроницаемости; 1 — тяжелые почвы;
2 — легкие почвы.

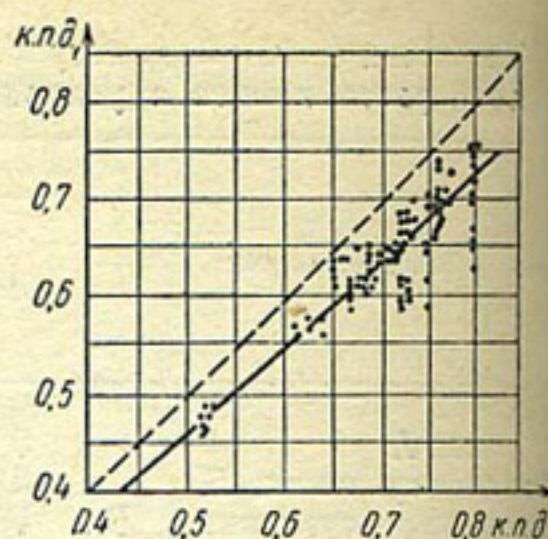


Рис. 12. Связь между к. п. д. и к. п. д.

вод для последующих расчетов приведены в таблице 17. Они меняются по климатическим зонам, поскольку потенциал капиллярного поднятия непосредственно зависит от температурного режима на поверхности почв (испарение почвы) и одновременно — от всасывающей силы корневой системы (размеров транспирации).

Таблица 17. Размеры использования грунтовых вод, м³/га

Почвы	Индексы	Северная климатическая зона, $W=5000$ м ³ /га			Центральная климатическая зона, $W=6500$ м ³ /га			Южная климатическая зона, $W=7500$ м ³ /га		
		глубина грунтовых вод, м								
		3-4	2-3	1-2	3-4	2-3	1-2	3-4	2-3	1-2
Супесчаные	А	—	—	650	—	—	820	—	—	950
Легкосуглинистые	Б	—	—	1200	—	—	1500	—	—	1750
Среднесуглинистые	В	—	200	1450	—	260	1900	—	300	2200
Тяжелосуглинистые	Г	—	450	1700	—	600	2200	—	700	2550
Глины	Д	100	700	1900	130	920	2500	150	1050	2850

Вычитая из суммарного водопотребления поля использование запасов почвенной влаги до первого полива и подпитывание грунтовыми водами, можно определить

водопотребление хлопкового поля, начиная с первого полива до созревания основного урожая или дефолиации (графы 7, 11 и 15, табл. 18). Это та вода, которая должна быть восполнена вегетационными поливами. Фактически же производственные оросительные нормы значительно превышают вычисленный выше дефицит.

Производственный к. п. д. техники полива, обозначаемый через к. п. д.₁, определяется по формуле:

$$\text{К. п. д.}_1 = \frac{W_{\text{полн.}} - W_{\text{гр.вод}} - W_{\text{зап}}}{M_{\text{вегет.факт.}}}, \quad (29)$$

где $W_{\text{полн.}}$ — полное водопотребление хлопкового поля от сева до середины сентября (эффекта дефолиации); $W_{\text{гр.вод}}$ — подпитывание из грунтовых вод; $W_{\text{зап}}$ — использование весенних запасов почвенной влаги в корнеобитаемом слое.

В таблице 18 сопоставлены оросительные нормы с водопотреблением в производственных условиях. Оросительные нормы (графы 6, 10 и 14) получены из произведения осредненных фактических поливных норм (графа 4) на среднее число поливов хлопчатника (графы 5, 9 и 13) в высокоурожайных хозяйствах при высокой водообеспеченности. Среднее число поливов хлопчатника по административным районам и областям меньше указанных примерно на половину полива. Это объясняется несколько меньшей водообеспеченностью.

В графах 8, 12 и 16 показаны к. п. д.₁, вычисленные по формуле (29) по климатическим зонам. В графе 18 указаны теоретические значения к. п. д. (см. табл. 9). Значения к. п. д.₁ и к. п. д. сопоставлены графически на рисунке 12. Хотя точки имеют некоторый разброс, неизбежный для такого рода расчетов, но график показывает следующее:

наличие связи между этими к. п. д. и к. п. д.₁, то есть характер изменения к. п. д.₁ в зависимости от уклонов и водопроницаемости аналогичен характеру изменения к. п. д. Это подтверждает правильность сделанного анализа;

значения к. п. д.₁ составляют примерно 0,9 к. п. д. теоретически возможных существующих только при идеальных планировках и равномерном распределении воды по бороздам;

производственный к. п. д.₁ техники бороздкового полива в Средней Азии достаточно высок, если сравнивать его с аналогичными данными, опубликованными в зарубежной литературе.

Таблица 18. Ориентировочный расчет производственных к. п. д. техники полива, исходя из фактического числа поливов и оросительных норм в лучших бригадах и хозяйствах при урожайности 30—35 ц/га

Индексы	Северная зона, W=5000 м³/га			Центральная зона, W=6500 м³/га				Южная зона, W=7500 м³/га				Среднее значение к. п. д., по график у	Теоретическое значе- ние к. п. д.						
	Глубина грунтовых вод, м	Фактическая средняя поливная норма, м³/га	Фактическое среднее число поливов	Фактическая оросительная норма, м³/га	W _n , начиная с 1-го полива	к. п. д.,	Фактическое среднее число поливов	Фактическая оросительная норма, м³/га	W _n , начиная с 1-го полива	к. п. д.,									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
I	Механического состава	Уклонов	A	4	1440	6,5	9360	4400	0,47	8,5	12 250	5900	0,48	10	14 400	6900	0,48	0,47	0,52
			B	4	1400	6	7000	4250	0,61	7	9 800	5750	0,58	8	11 200	6750	0,60	0,60	0,67
			B	4	1525	4	6100	4100	0,67	6	9 150	5600	0,61	6,5	9 900	6600	0,66	0,66	0,73
			Г	3,5	1800	3,5	6300	3950	0,63	5	9 000	5450	0,60	6	10 800	6450	0,60	0,62	0,69
			Д	3	2580	3	7740	3800	0,49	4,5	11 600	5300	0,46	5	12 900	6300	0,49	0,47	0,52
II			A	4	1200	6,5	7800	4400	0,56	8,5	10 200	5900	0,58	10	12 000	6900	0,57	0,56	0,63
			B	5	1360	5	6800	4250	0,62	6,5	8 850	5750	0,65	8	10 880	6750	0,62	0,62	0,69
			B	4	1590	4	6360	4100	0,64	5,5	8 750	5600	0,64	6,5	10 340	6600	0,64	0,63	0,70
			Г	3,5	1950	3,5	6830	3950	0,58	5	9 750	5450	0,56	5,5	10 730	6450	0,60	0,57	0,64
			Д	3	2250	3	6750	3800	0,56	4,5	10 130	5300	0,52	5	11 250	6300	0,56	0,55	0,62
III			A	3—4	1125	6,5	7300	4400	0,60	8,5	9 560	5900	0,62	10	11 250	6900	0,61	0,60	0,67
			B	5	1210	5	6050	4250	0,70	6,5	7 880	5750	0,73	8	9 680	6750	0,70	0,70	0,77
			B	4	1500	4	6000	4100	0,68	5,5	8 250	5600	0,68	6,5	9 750	6600	0,68	0,67	0,75
			Г	3,5	1870	3,5	6550	3950	0,60	4,5	8 410	5450	0,65	5,5	10 300	6450	0,62	0,60	0,67
			Д	3	2000	3	6000	3700	0,62	4	8 000	5170	0,64	5	10 000	6150	0,61	0,65	0,72

Автоморфные почвы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Почвы переходного ряда</i>																	
IV	A	2—3	1125	6	6750	4400	0,65	8	9000	5900	0,65	9,5	10 690	6900	0,64	0,60	0,67
	Б		1300	5	6500	4250	0,65	6,5	8450	5750	0,68	7,5	9 750	6750	0,69	0,65	0,72
	В		1400	4	5600	3900	0,70	5	7000	5340	0,76	6	8 400	6300	0,75	0,72	0,80
	Г		1630	3	4890	3500	0,71	4	6520	4850	0,74	5	8 150	5750	0,70	0,68	0,76
	Д		1870:2	2,5	4680	3100	0,66	3,5	6550	4380	0,67	4	7 480	5250	0,70	0,66	0,73
V	A	2—3	1150	6	6900	4400	0,64	8	9200	5900	0,64	9,5	10 900	6900	0,63	0,59	0,65
	Б		1300	5	6500	4250	0,65	6,5	8450	5750	0,68	7,5	9 750	6750	0,69	0,65	0,72
	В		1500	4	6000	3900	0,65	5	7500	5340	0,71	6	9 000	6300	0,70	0,68	0,75
	Г		1640:2	3	4920	3500	0,71	4	6560	4850	0,74	5	8 200	8750	0,70	0,69	0,76
	Д		1720:2	2,5	4300	3100	0,72	3,5	6030	4380	0,72	4	6 880	5250	0,76	0,72	0,80
<i>Гидроморфные почвы</i>																	
VI'	A	1—2	1125	5,5	6200	3750	0,60	7	7880	5080	0,64	8,5	9550	5950	0,62	0,60	0,67
	Б		1300	4	5200	3050	0,59	5	6500	4250	0,65	6	7800	5000	0,64	0,65	0,72
	В		1400	3	4200	2650	0,63	4	5600	3700	0,66	4,5	6300	4400	0,70	0,72	0,80
	Г		1630:2	2	3260	2250	0,69	3	4890	3250	0,66	3,5	5700	3900	0,68	0,68	0,76
	Д		1870:2	1,5	2800	1900	0,68	2,5	4670	2800	0,60	3	5610	3450	0,61	0,66	0,73
V	A	1—2	1150	5,5	6320	3750	0,59	7	8050	5080	0,63	8,5	9780	5950	0,61	0,59	0,65
	Б		1300	4	5200	3050	0,59	5	6500	4250	0,65	6	7800	5000	0,64	0,65	0,72
	В		1500	3	4500	2650	0,59	4	6000	3700	0,62	4,5	6750	4400	0,65	0,68	0,75
	Г		1640:2	2	3280	2250	0,69	3	4920	3250	0,66	3,5	5730	3900	0,68	0,69	0,76
	Д		1720:2	1,5	2580	1900	0,74	2,5	4300	2800	0,65	3	5160	3450	0,67	0,72	0,80

Таблица 19. Значения к. п. д. потерь при бороздковом поливе в производственных условиях

Индексы		К. п. д. ₁	Потери			
уклонов	механи- ческого состава		всего	в том числе		
				испарение	фильтрация	сброс
1	2	3	4	5	6	7
Автоморфные почвы						
I	A	0,467	0,533	0,010	0,509	0,014
	Б	0,60	0,40	0,018	0,322	0,060
	В	0,658	0,342	0,034	0,148	0,160
	Г	0,617	0,383	0,086	0,167	0,130
	Д	0,467	0,533	0,092	0,026	0,415
II	A	0,562	0,438	0,005	0,236	0,197
	Б	0,618	0,382	0,012	0,213	0,157
	В	0,631	0,369	0,025	0,053	0,291
	Г	0,575	0,425	0,059	0,081	0,285
	Д	0,548	0,452	0,112	0,071	0,269
III	A	0,600	0,400	0,006	0,371	0,023
	Б	0,698	0,302	0,011	0,154	0,137
	В	0,674	0,326	0,017	0,064	0,245
	Г	0,605	0,395	0,050	0,041	0,304
	Д	0,646	0,354	0,157	0,038	0,159
Почвы переходного ряда						
IV	A	0,60	0,40	0,004	0,396	—
	Б	0,65	0,35	0,009	0,223	0,118
	В	0,72	0,28	0,022	0,168	0,090
	Г	0,682	0,318	0,058	0,103	0,157
	Д	0,659	0,341	0,136	0,146	0,059
V	A	0,587	0,413	0,005	0,408	—
	Б	0,649	0,351	0,011	0,340	—
	В	0,675	0,325	0,023	0,302	—
	Г	0,687	0,313	0,037	0,209	0,067
	Д	0,720	0,28	0,135	0,147	—
Гидроморфные почвы						
IV'	A	0,60	0,40	0,004	0,396	—
	Б	0,65	0,35	0,009	0,223	0,118
	В	0,72	0,28	0,022	0,168	0,090
	Г	0,682	0,318	0,058	0,103	0,157
	Д	0,659	0,341	0,136	0,146	0,059
V'	A	0,587	0,413	0,005	0,408	—
	Б	0,649	0,351	0,011	0,340	—
	В	0,675	0,325	0,023	0,302	—
	Г	0,687	0,313	0,037	0,209	0,067
	Д	0,72	0,28	0,133	0,147	—

Низкие значения к. п. д.₁ (0,47—0,55) относятся к очень редким сочетаниям условий, имеющих мизерное распространение (супесчаные или наоборот, очень слабодопроницаемые глинистые грунты на больших уклонах). Для этих условий к. п. д.₁ равен 0,47—0,6, так как полив таких земель связан с громадными потерями, в первом случае на глубинную фильтрацию, а во втором — на сброс за пределы поля в процессе полива.

Цель проведенного анализа — возможность назначения плановых и одновременно реальновыполнимых оросительных норм посредством решения уравнения (30) относительно $M_{\text{всг.факт}}$ при нормативных значениях к. п. д.₁ = 0,9 к. п. д. Значения к. п. д. можно брать из таблицы 9, другие величины, входящие в числитель, — по данным СоюзНИХИ или Средазгипроводхлопка. Это позволит уточнять затраты оросительной воды в зависимости от уклонов.

Примем, что составляющие фактических потерь при бороздковом поливе, то есть потери на глубинную фильтрацию, на сброс и на испарение в процессе полива, сохраняют свой удельный вес и соотношения такими же, как было получено ранее при теоретическом расчете. Тогда относительные величины этих составляющих в долях от оросительной нормы имеют следующее значение (табл. 19).

ГОДОВЫЕ ОРОСИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

Полные оросительные нормы и коэффициент использования воды (к. и. в.) резко меняются в зависимости от гидрогеологических и почвенно-мелиоративных условий. Поэтому их необходимо рассматривать отдельно для следующих зон:

зона автоморфных почв;

зоны почв переходного ряда и гидроморфных почв, расположенных на территориях с пресными или очень слабоминерализованными грунтовыми водами;

зоны таких же почв, но засоленных, расположенных на территориях с минерализованными грунтовыми водами.

Основным критерием оценки общей годовой затраты в хозяйстве оросительной воды является отношение водопотребления поля от начала сева до уборки урожая к

полной оросительной норме, то есть включающей не только вегетационные, но и невегетационные поливы.

Зона автоморфных почв. В большинстве районов во многие годы зимние и ранневесенние осадки создают в почве необходимый запас влаги, обеспечивающий нормальное произрастание растений до первого полива в обычные сроки. В случае недостаточного количества этих осадков приходится проводить запасные, предпахотные, предпосевные и вызывные поливы примерно на половине посевных площадей. На супесчаных и легкосуглинистых почвах эти поливы обязательны. На полях с уклонами более 0,0025 такие поливы осуществляют по бороздам или напуском по полосам. Поливная норма невегетационного полива не может быть меньше нормы вегетационного полива в производственных условиях. К. п. д. этих поливов имеет такие же значения, как и производственные.

Расчеты показали, что с учетом вышеизложенного к. и. в. получаются следующими:

без невегетационных поливов, то есть когда осадки создают достаточный запас влаги в почве,

$$\text{к. и. в.} = \frac{W_{\text{полн.}}}{M_{\text{вер.}}} = 1,06 \text{ к. п. д. 1.} \quad (30)$$

с одним невегетационным поливом, на всех супесчаных и легкосуглинистых почвах и на 50% площадей по остальным почвам в годы с недостаточными осадками

$$\text{к. и. в.} = \frac{W_{\text{полн.}}}{M_{\text{вер.}} + m_{\text{невер.}}} = \text{к. п. д. 2.} \quad (31)$$

В дальнейших расчетах принята вторая формула.

Зона почв переходного ряда и гидроморфных почв с пресными грунтовыми водами. В этой зоне невегетационные поливы проводят только на супесчаных почвах. Число вегетационных поливов на супесчаных почвах обычное, а на средних и тяжелых суглинках меньше, чем в зоне автоморфных почв. Поливы главным образом проводят в первую половину вегетации, когда корни развиты недостаточно и надо вносить удобрения.

Благодаря подпитыванию грунтовыми водами к. и. в. значительно повышается, доходя до единицы и даже до полутора. Результаты расчетов к. и. в. по климатическим зонам приведены в таблице 20.

Таблица 20. К. и. в. на почвах переходного ряда и на гидроморфных почвах при пресных грунтовых водах

Индексы		Почвы и глубина грунтовых вод h , м	Северная зона $W_{\text{полн}} = 5000 \text{ м}^3/\text{га}$			Центральная зона $W_{\text{полн}} = 6500 \text{ м}^3/\text{га}$			Южная зона $W_{\text{полн}} = 7500 \text{ м}^3/\text{га}$			Средневзвешенный к. и. в.
по уклонам	по механическому составу		$M_{\text{вег}}$, $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{полн}}$	$M_{\text{вег}}$	$M_{\text{вег}}$, $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{полн}}$	$M_{\text{вег}}$	$M_{\text{вег}}$, $\text{м}^3/\text{га}$	$W_{\text{полн}}$	$M_{\text{вег}}$	

Почвы переходного ряда

III	A	Сероземно-луговые $h=2-3$	6760	0,74	9000	0,72	10 780	0,70	0,72
	B		6500	0,77	8450	0,77	9 750	0,77	0,77
	B		5600	0,89	7000	0,93	8 400	0,89	0,91
	Г		4900	1,02	6520	1,0	8 150	0,92	0,98
	Д		4680	1,06	6550	1,01	7 500	1,0	1,02

Гидроморфные почвы

III и IV	A	Луговые $h=1-2$	6200	0,81	7880	0,82	9 550	0,79	0,81
	B		5200	0,96	6500	1,0	7 800	0,96	0,98
	B		4200	1,19	5600	1,16	6 300	1,19	1,17
	Г		3260	1,53	4900	1,33	5 700	1,32	1,33
	Д		2800	1,78	4670	1,39	5 600	1,34	1,40

К. и. в. здесь уже не так тесно связан с технологией бороздкового полива, поскольку на режим орошения стал влиять такой фактор, как подпитывание корнеобитаемого слоя грунтовыми водами.

Зона почв переходного ряда и гидроморфных почв с минерализованными грунтовыми водами. В этой зоне при возделывании сельскохозяйственных культур необходимо промывать земли и отводить дренажную воду.

К. и. в. здесь также прямо не связан с технологией бороздкового полива в вегетационный период, поскольку дополнительно подают большие объемы промывной воды и происходит подпитывание из грунтовых вод. Однако к. и. в. по-прежнему будет равен отношению водопотребления поля с начала сева к годовой подаче воды.

На полях с засоленными почвами переходного ряда и гидроморфными почвами фильтрационные воды нельзя

Таблица 21. Сопоставление использования фильтрационных потерь оросительной воды и грунтовых вод

по уклону	по механическому составу почв	Северная зона				Центральная зона				Южная зона										
		Глубина грунтовых вод, м	Оросительная норма M_{op} , $m^3/га$	Потери на глубину фильтрацию, $m^3/га$	Восходящий ток грунтовых вод, $m^3/га$			Оросительная норма M_{op} , $m^3/га$	Потери на глубину фильтрацию, $m^3/га$	Восходящий ток грунтовых вод, $m^3/га$	Полноценные грунтовые воды из оросительной воды за V—IX, $m^3/га$									
					всего	возврат оро-сительной во-ды	из запасов грунтовых вод					всего	возврат оро-сительной во-ды	из запасов грунтовых вод						
IV	A	2—3	6760	2640	—	—	—	2660	9000	3550	—	3550	10 780	4250	—	—	—	—	—	—
	B		6500	1450	—	—	—	1450	8450	1900	—	1900	9 750	2180	—	—	—	—	—	2180
	B		5600	950	200	—	—	750	7000	1180	260	—	920	8 400	1420	300	300	—	—	1120
	Г		4900	550	450	—	—	100	6520	670	600	—	70	8 150	830	700	700	—	—	130
	Д		4680	680	700	680	20	—	6550	950	920	—	30	7 500	1090	1050	1050	—	—	40
V	A	2—3	6900	2810	—	—	—	2810	9200	3750	—	3750	10 900	4440	—	—	—	—	—	4440
	B		6500	2210	—	—	—	2210	8450	2870	—	2870	9 750	3320	—	—	—	—	—	3320
	B		6000	1800	200	—	—	1600	7500	2250	260	260	9 000	2700	300	300	—	—	—	2400
	Г		4920	1030	450	—	—	580	6560	1370	600	600	770	8 200	1720	700	700	—	—	1020
	Д		4300	630	700	630	70	—	6030	890	920	920	—	6 880	1020	1050	1020	—	—	—
Почвы переходного ряда																				
IV'	A	1—2	6320	2440	650	—	—	1790	7880	3110	820	—	2230	9 550	3750	950	950	—	—	2800
	B		5200	1160	1200	40	—	—	6500	1450	1500	50	—	7 800	1740	1750	1740	—	—	—
	B		4200	710	1450	740	—	—	5600	950	1900	950	—	6 300	1060	2200	1060	10	10	—
	Г		3260	340	1700	340	—	—	4900	500	2200	1700	—	5 700	580	2550	580	1140	1140	—
	Д		2800	410	1900	410	1490	—	4670	680	2500	1820	—	5 600	820	2850	820	1970	2030	—
V'	A	1—2	6320	2570	650	—	—	1920	8050	3280	820	—	2460	9 750	3960	950	950	—	—	3010
	B		5200	1770	1200	—	—	570	6500	2210	1500	—	710	7 800	2650	1750	1750	—	—	900
	B		4500	1350	1450	100	—	—	6000	1900	1800	100	—	6 750	2020	2200	2020	180	180	—
	Г		3280	690	1700	690	1010	—	4920	1030	2200	1080	—	5 730	1200	2550	1200	1350	1350	—
	Д		2580	380	1900	380	1520	—	4300	630	2500	1870	—	5 160	760	2600	760	2090	2090	—

полностью относить к потерям оросительной воды, так как они продолжают в какой-то степени участвовать в балансе влаги хлопкового поля (табл. 21).

В таблице 21 представлены количественные показатели процесса взаимосвязи профильтровавшихся и грун-

Таблица 22. Мелиоративная характеристика фактических режимов орошения

Мелиоративная характеристика	Зона почв переходного ряда, $h=2-3$ м	Зона гидроморфных почв, $h=1-2$ м
Фильтрационные потери оросительной воды поступают в грунтовые воды и в дальнейшем балансе влаги корнеобитаемого слоя не участвуют. Энергичный промывной режим орошения	Супеси и легкие суглинки	Только супесчаные почвы
Фильтрационные потери оросительной воды поступают в грунтовые воды, но часть их по капиллярам возвращается в корнеобитаемый слой. Слабопромывной режим орошения	Средние суглинки	Легкие суглинки
Фильтрационные потери оросительной воды поступают в грунтовые воды, но затем почти полностью возвращаются в корнеобитаемый слой. Непромывной режим орошения, восстанавливающий исходное засоление к концу вегетации	Тяжелые суглинки	Легкие и средние суглинки
В корнеобитаемый слой возвращается не только профильтровавшаяся оросительная вода, но и вода из запасов грунтовых вод. Засоляющий режим орошения	Глины и тяжелые суглинки с водонепроницаемыми прослойками	Тяжелые суглинки
Фильтрационные потери при вегетационных поливах малы и промывного значения не имеют. Подпитывание корнеобитаемого слоя происходит в основном из запасов грунтовых вод. Сильнозасоляющий режим орошения	Нет	Глины и тяжелые суглинки с водонепроницаемыми прослойками

Таблица 23. Промывные нормы (м³/га) для средnezасоленных почв

Климатическая зона	Индексы по уклонам	Почвы, глубина грунтовых вод, h , м	Осредненная оценка механического состава почвогрунтов, индексы				
			супеси, А	легкие суглинки, Б	средние суглинки, В	тяжелые суглинки, Г	глины, Д
Северная	IV	Переходного ряда,	—	1250	2000	3000	3500
	V	$h=2-3$	—	1500	2500	3000	4000
	IV'	Гидроморфные,	—	2000	3500	4000	5000
	V'	$h=1-2$	—	2500	3500	4000	5000
Центральная	IV	Переходного ряда,	—	1500	2500	3500	4000
	V	$h=2-3$	—	1750	3000	3500	4500
	IV'	Гидроморфные,	—	2250	4000	5000	5500
	V'	$h=1-2$	—	2750	4000	5000	5500
Южная	IV	Переходного ряда,	—	1750	3000	4000	4500
	V	$h=2-3$	—	2000	3500	4000	4500
	IV'	Гидроморфные,	—	2500	4500	5500	6000
	V'	$h=1-2$	—	3000	4500	5500	6000

товых вод в складывающемся режиме почвенной влаги. Качественные же показатели этого процесса, то есть мелиоративная характеристика, приведена в таблице 22.

Таблицы 21 и 22 свидетельствуют о том, что, несмотря на очень большие (по сравнению с рекомендациями СоюзНИХИ) поливные нормы в зоне почв переходного ряда и гидроморфных почв (на средних и более тяжелых суглинках), необходимый промывной режим орошения не обеспечен. Отсюда же видно, что такие земли надо промывать зимой или ранней весной и что для этих целей хозяйству нужна дополнительная вода.

На основе исследований САНИИРИ и рекомендаций СоюзНИХИ для ежегодных (не капитальных) промывок средnezасоленных почв для расчета можно принять следующие нормы (табл. 23).

Расчет соотношения между годовой водоподачей на поле и полным водопотреблением по климатическим зонам приведен в таблице 24.

Таблица 24. К. и. в. в зоне засоленных земель

Индексы		Почвы и глубина грунтовых вод <i>h</i> , м	Северная зона, <i>W</i> полн = 5000 м³/га		Центральная зона, <i>W</i> полн = 6500 м³/га		Южная зона, <i>W</i> полн = 7500 м³/га		Средний к. и. в.
по укло- нам	по механи- ческому составу		<i>M</i> год, м³/га	<i>W</i> полн <i>M</i> год	<i>M</i> год, м³/га	<i>W</i> полн <i>M</i> год	<i>M</i> год, м³/га	<i>W</i> полн <i>M</i> год	
Почвы переходного ряда									
IV	А Б В Г Д	Сероземнолуговые <i>h</i> = 2—3	7880	0,633	10 120	0,642	11 900	0,630	0,635
			7750	0,646	9 950	0,653	11 500	0,652	0,651
			7600	0,658	9 500	0,685	11 400	0,658	0,653
			7900	0,632	10 020	0,650	12 150	0,617	0,633
			8180	0,611	10 550	0,616	12 000	0,625	0,617
V	А Б В Г Д	Переходные к сероземам и пустынные почвы, <i>h</i> = 2—3	8020	0,623	10 320	0,629	12 020	0,624	0,625
			8000	0,625	10 200	0,637	11 750	0,638	0,633
			8500	0,589	10 500	0,618	12 500	0,600	0,602
			7980	0,626	10 060	0,646	12 200	0,615	0,630
			8300	0,603	10 280	0,633	11 380	0,660	0,632
Гидроморфные почвы									
IV'	А Б В Г Д	Пустынные почвы, <i>h</i> = 1—2	7320	0,684	9 000	0,722	10 670	0,705	0,705
			7200	0,694	8 750	0,743	10 300	0,728	0,718
			7700	0,650	9 600	0,678	10 800	0,695	0,674
			7260	0,689	9 900	0,656	11 200	0,670	0,672
			7800	0,642	10 170	0,640	11 600	0,646	0,643
V'	А Б В Г Д	Пустынные почвы, <i>h</i> = 1—2	7440	0,671	9 170	0,708	10 870	0,690	0,690
			7500	0,667	9 250	0,703	10 800	0,695	0,689
			8000	0,625	10 000	0,650	11 230	0,667	0,648
			7280	0,686	9 920	0,655	11 230	0,666	0,669
			7580	0,667	9 800	0,663	11 160	0,673	0,668

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ ПРИ ОРОШЕНИИ

До сих пор об оросительных нормах, к. п. д. техники полива и к. и. в. рассуждали с точки зрения землепользователя. Для него важно, чтобы выведенные показатели нормативного характера учитывались при составлении планов водораспределения между хозяйствами.

Для рассмотрения баланса оросительной воды по крупной оросительной системе, региону или в целом по бассейну необходимо ввести понятие «народнохозяйственный к. и. в. при орошении». Для краткости обозначим его к. и. в._{н.-х.}

Для оценки к. и. в._{н.-х.} нужно следующее:

выделить долю сбросной воды, повторно используемой на орошение нижерасположенных территорий;

выделить воду, ушедшую на восполнение динамических запасов грунтовых вод;

выделить долю дренажного стока, повторно используемого на орошение.

Использование сбросных вод. В узких горных долинах Таджикистана и Южной Киргизии вода, сбрасываемая с полей, поступает обратно в источник орошения (горную реку). Сброс воды с поля в процессе полива в таких условиях не халатность поливальщика, а неизбежность, обусловленная технологией полива. Этот сброс носит местное название «пайноу». Часть сбросной воды используют на поливы нижерасположенные хозяйства или бригады. В зоне крутых склонов (зона I) используемая часть сброшенной с полей воды достаточно велика. Так, при поливе полей с тяжелосуглинистыми почвами используется примерно половина сбрасываемой воды. В зоне больших уклонов (зона II) эта доля снижается, а в зоне средних уклонов (зона III) сброс используется слабо: только при наличии благоприятных условий. На уклонах менее 0,0025 сбросная вода с полей со слабо-водопроницаемыми почвами направляется в дрены и коллекторы.

Полностью сброс использоваться не может. Сбросы с полей на землях повышенной и средней водопроницаемости незначительны. Из отдельных небольших струек, поступающих в тальвеги в разных местах, невозможно организовать «рабочий» ток воды. Вода «пайноу» фильтруется в ложе тальвега и интенсивно испаряется. Только в

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ ПРИ ОРОШЕНИИ

сих пор об оросительных нормах, к. п. д. техники и к. и. в. рассуждали с точки зрения земледельца. Для него важно, чтобы выведенные показатели мативного характера учитывались при составлении водораспределения между хозяйствами.

рассмотрения баланса оросительной воды по оросительной системе, региону или в целом по необходимо ввести понятие «народнохозяйст- к. и. в. при орошении». Для краткости обозна- К. И. В.-Х.

оценки К. И. В.-Х. нужно следующее:
- долю сбросной воды, повторно используемой на нижерасположенных территориях;
- воду, ушедшую на восполнение динамиче- пасов грунтовых вод;
- долю дренажного стока, повторно исполь- на орошение.

льзование сбросных вод. В узких горных доли- кикистана и Южной Киргизии вода, сбрасывае- полей, поступает обратно в источник орошения (реку). Сброс воды с поля в процессе полива в условиях не халатность поливальщика, а неизбеж- обусловленная технологией полива. Этот сброс имеет название «пайноу». Часть сбросной воды идет на поливы нижерасположенных хозяйства- тады. В зоне крутых склонов (зона I) использу- сбросенной с полей воды достаточно велика. при поливе полей с тяжелосуглинистыми почвами- ется примерно половина сбрасываемой воды. больших уклонов (зона II) эта доля снижается, средних уклонов (зона III) сброс используется- только при наличии благоприятных условий. На- менее 0,0025 сбросная вода с полей со слабо- ницаемыми почвами направляется в дрены и- ры.

остью сброс использоваться не может. Сбросы с- землях повышенной и средней водопроницае- значительны. Из отдельных небольших струек,- щих в тальвеги в разных местах, невозможно- зать «рабочий» ток воды. Вода «пайноу» фильт- же тальвега и интенсивно испаряется. Только в

отдельных благоприятных случаях, когда на границе по- ля имеется постоянно действующий оросительный канал в выемке, сбросная вода стекает в него.

По данным САНИИРИ и Р. М. Авербух, количествен- ные показатели повторного использования поверхностно- го сброса оросительной воды приведены в таблице 25.

Таблица 25. Повторное использование оросительной воды, сброшенной с полей (% сброшенной воды)

Сброс, % поливной воды на поле	Классификация по уклонам		
	I	II	III
40	57	Сброс в таких размерах не встречается	
35	54		
30	50	42	
25	46	37	25
20	40	31	23
15	33	23	15
10 и менее	20	10	Сброс не исполь- зуется

Остальную часть сброшенной воды следует считать безвозвратными потерями.

Фильтрация при орошении полей. Эта вода целиком поступает в надежное подземное водохранилище грунто- вых вод и используется на нижерасположенных регио- нах. Она составляет большую часть динамического запаса грунтовых вод. В перспективе эта вода должна быть основным источником для коммунально-бытового водо- снабжения. Для орошения же она используется в гидро- геологической зоне выклинивания на полях с гидромор- фными почвами (субирригация) и после того, как по- ступит в русла заглубленных водотоков (коллекторов, оврагов, рек), то есть когда образует так называемые возвратные воды. Кроме того, в условиях маловодья под- земные воды откачивают скважинами для вегетацион- ных поливов.

Размер фильтрационных вод, в различных условиях поступающих в грунтовые воды при поливе полей с ав- томорфными почвами, показан в графе 6 таблицы 19.

Использование дренажного стока на орошение. Фильтрационные потери при поливах в зонах IV и V и

промывки засоленных земель, приуроченных к этим зонам, повышают уровень грунтовых вод как под используемыми землями, так и под близко расположенными неиспользуемыми землями. Большая часть фильтрационных потерь превращается в дренажный сток.

В этом процессе качество оросительной воды сначала снижается, но, как правило, оно частично восстанавливается при смешении с пресной оросительной водой, сбрасываемой в дренаж из оросительной сети и с полей.

В зонах III и IV в пределах уклонов 0,005—0,001 смешанная вода коллекторно-дренажной сети в определенной мере повторно используется на орошение. В зависимости от степени маловодья и инициативы хозяйств доля используемой воды меняется от 25 до 50%. Эти исследования были проведены отделом орошения САНИИРИ в Ферганской области, где использование дренажных вод имеет исторические традиции и сильно развито. В последние годы для забора воды из коллекторов и дрен применяют насосы. Распространяя данные этих исследований на отдельные регионы и области, ориентировочно можно принять два исходных положения:

дренажный сток при достаточно развитой и удовлетворительно действующей дренажной системе составляет 25—35% водоподачи;

доля повторного использования дренажного стока на орошение составляет 35%.

Это значит, что за счет повторного использования дренажных вод к. и. в. при орошении в рассматриваемых зонах поднимается минимум на 10 пунктов ($30 \times 0,35 = 10$) в вегетационный период и на 5 пунктов в год, так как дренажная вода используется на орошение не круглый год, а максимум полгода.

На малоуклонных территориях (зона V, $i < 0,001$) вода коллекторно-дренажной сети, как правило, на орошение не используется. Она по крупным коллекторам транспортируется за пределы оросительной системы в реки, озера и понижения прилегающих пустынь. Кроме того, она частично растекается подземным потоком за пределы орошаемого региона. Ввиду обычно низкого коэффициента земельного использования много грунтовой воды тратится на испарение с неиспользуемых земель.

Для этой малоуклонной зоны повторное использование дренажных вод в расчетах не учитываем, несмотря на то, что вода, сбрасываемая коллекторной сетью, и в

этой зоне может иметь определенное значение для других отраслей народного хозяйства (рыболовство, транспорт, поддержание уровня моря и др.).

В заключение отметим, что степень использования воды в орошаемом земледелии аридной зоны в большой мере зависит от геоморфологических и гидрогеологических особенностей крупных регионов (оросительных систем). В замкнутой котловине (долине) вода используется полнее, чем в дельте, граничащей с пустынями.

Степень использования оросительной воды зависит также от коэффициента земельного использования орошаемых регионов, от развития лесных насаждений. Лугово-болотные почвы, болота и поймы увеличивают безвозвратные потери. Это обусловлено большими расходами воды на испарение почвой и транспирацию. Например, очень много тратится воды на неиспользуемых в сельском хозяйстве или экстенсивно используемых широких поймах больших рек.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА И ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В дополнение к уже доказанному положению, что фактические к. п. д. вегетационных поливов могут быть существенно повышены (на 10—12%), даже если поливать постоянной струей, соблюдая рекомендованные оптимальные сочетания элементов техники полива (q, l, T), остановимся на четырех дополнительных мероприятиях, способствующих дальнейшему повышению к. п. д. бороздкового полива.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПОЛИВА ПЕРЕМЕННОЙ СТРУЕЙ. ОЖИДАЕМАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Как известно, в результате полива постоянным расходом распределение увлажнения вдоль борозды не может быть одинаковым из-за разного времени увлажнения по створам борозды. Часть эпюры АВС (см. рис. 5) и соответствующие графы таблицы 10 показывают, что в условиях средних и больших уклонов бороздковый полив без сброса части воды невозможен, особенно в условиях

почвогрунтов пониженной водопроницаемости. В среднем сброс составляет 20—25%.

В некоторых фермерских хозяйствах США, чтобы не допускать сброса воды при поливах, применяют систему повторного использования воды. Эта система включает в себя: бассейн в самой низкой точке хозяйства, в который собираются сбросы при поливе со всех полей, автоматическую насосную станцию при бассейне и напорный трубопровод от бассейна до головного водовыпуска хозяйства.

В больших хлопководческих хозяйствах осуществить такую систему сложно и дорого. В этом случае целесообразнее будет следующее:

сократить разницу времени увлажнения головного и конечного створа за счет максимально допустимого расхода в начале полива;

исключить сброс за пределы поля и значительно сократить потери на утечку воды ниже корнеобитаемого слоя за счет уменьшения расхода струи в голове борозды после добегаания с учетом впитывающей способности почвы;

уменьшить потери на испарение в процессе полива.

Возможность полива по бороздам переменной струей была впервые высказана Б. А. Шумаковым еще в 1926 г. Существующие рекомендации по технике полива разных исследователей предусматривают переход от начального расхода в стадии добегаания q_1 к уменьшенному расходу в стадии полива q_2 . Последний, однако, рекомендуется оставлять постоянным до конца полива, чтобы не осложнять ручной полив. Соотношение расходов $q_1:q_2$ рекомендуется самым различным в пределах от 1,5 до 3.

Наша задача — найти теоретическое обоснование закономерности изменения во времени расхода для второй стадии полива из условия полного впитывания воды по длине борозды.

Заметим сначала, что для второй стадии полива при заданной длине борозды существует минимальный расход, определяемый формулой (11).

При $q_2 > q_{\min}$ сброс воды будет продолжаться. При $q_2 < q_{\min}$ вода, отступив от конца борозды в момент смены расходов, не добежит больше до него, то есть увлажнение конца борозды прекратится.

Решение поставленной задачи основывается на уравнениях (2) и (12).

Чтобы увлажнить почву в борозде заданной нормой и избежать сброса воды, необходимо начальный расход $q_1 = \text{const}$ с момента времени, равного t_A , постепенно уменьшить до некоторой величины q , рассчитанной на полное впитывание по длине борозды.

Для этого необходимо уравнение (12) решать уже относительно q как неизвестного при $x = l = \text{const}$. Для второй стадии полива член ωx , то есть накопленный объем воды в борозде, превратится тоже в константу, так как сброс не предусматривается. Ход решения кратко сводится к следующему.

Объем воды W , который будет впитан на борозде длиной l между моментами времени t_n и t_{n+1} , показан на рисунке 13 заштрихованной площадью.

Согласно формулам (2) и (12), при $x = \text{const}$ и $\omega x = \text{const}$ объем впитавшейся воды за время $(t_{n+1} - t_n)$ составит:

$$W = a \int_{t_n}^{t_{n+1}} [m(t_{n+1} - \tau) - m(t_n - \tau)] x' d\tau. \quad (32)$$

Расход же будет равен $\tilde{q} = W : (t_{n+1} - t_n)$.

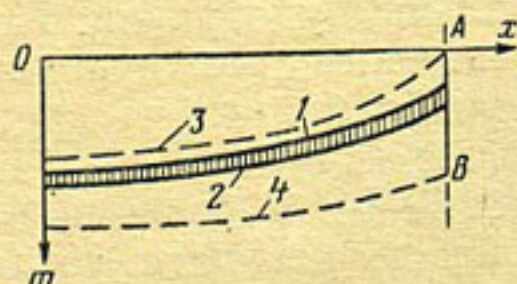
Далее, применяя формулу (8), а в качестве ядра уравнения функцию $m(t)$ и разбивая время от момента добегающего до конца борозды до окончания полива заданной нормой в конце борозды на число интервалов i , ЭВМ задается отыскание $\tilde{q}(t)$ в виде выражения (Лактаев, Будников, 1974):

$$\tilde{q} = A \sum_{i=0}^{l=n} (x'_{i+1} - x'_i) [(t_{n+1} - t_{i+1})^\beta - (t_{n+1} - t_i)^\beta - (t_n - t_{i+1})^\beta + (t_n - t_i)^\beta], \quad (33)$$

$$A = \frac{abK_{уст}}{2(1-\alpha)(2-\alpha)}, \quad \beta = 2 - \alpha.$$

Анализ и расчет показали, что уменьшение начального расхода q_1 во времени происходит асимптотически до $q_{\min}$ (рис. 14).

Рис. 13. Эпюры увлажнения в процессе полива переменным расходом:
1 — на начало расчетного интервала;
2 — на конец расчетного интервала; 3 — на момент добегающего воды до конца борозды; 4 — на момент окончания полива.



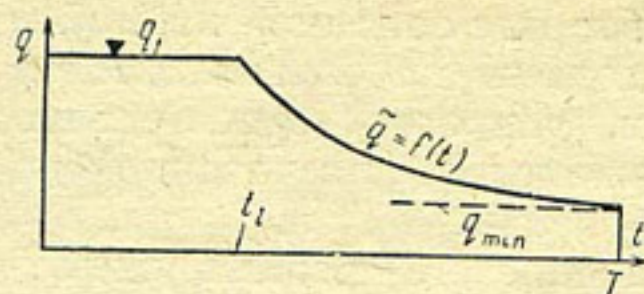


Рис. 14. Кривые $q=f(t)$.

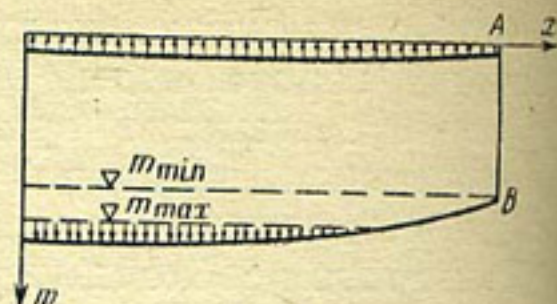


Рис. 15. Эпюра увлажнения при поливе переменным расходом.

Поливы переменным расходом могут значительно увеличить к. п. д. техники полива и сэкономить оросительную воду. К. п. д. техники полива может быть максимальным, если соблюдать следующие условия:

продолжительность добегания воды до конца борозды и общая продолжительность полива должны быть минимальными;

расход воды в борозду должен быть максимальным, тогда при заданном минимальном увлажнении в конце борозды длина ее будет наибольшей;

расход $q(t)$ после добегания струи до конца борозды должен быть переменным.

Соблюдение этих условий позволяет исключить потери на сброс и снизить потери на испарение и на глубинную утечку в начале борозды. При таком поливе можно добиться более равномерного увлажнения по длине борозды (рис. 15) и минимальных затрат воды на полив. Увлажнение в конце борозды, то есть ординаты $AB=m_l=m_{\min}$, на рисунках 5 и 15 одинаковы.

Наибольший эффект от перехода полива переменной струей будет в условиях больших и средних уклонов на почвах средней и пониженной водопроницаемости.

Полив переменной струей обеспечит не только экономию воды, но и некоторое повышение урожайности, так как отсутствие сброса одновременно предотвращает вынос почвы за пределы поля и вымыв внесенных минеральных удобрений. Полив с переменным расходом при уширенных междурядьях позволит применять в первую стадию полива на средних и малых уклонах более повышенные расходы q по сравнению с нормативами для постоянного расхода в тех же условиях. А это в свою очередь позволит увеличить длину борозд на 10—15%

по сравнению с нормативной (см. табл. 10) и снизить капитальные вложения на мелиоративное строительство.

В настоящее время только некоторые поливальщики меняют начальный расход q_1 на уменьшенный расход q_2 . В перспективе большое внимание будет уделено автоматизации полива, широкое применение найдут поливные устройства, работающие по заранее заданной программе. Программой же работы автоматического устройства-регулятора расхода воды в поливной трубопровод или лоток могут служить кривые, изображенные на рисунке 14.

ПОЛИВ ПО БОРОЗДАМ МАШИНАМИ В ДВИЖЕНИИ

Сейчас таких машин серийного производства нет, а есть экспериментальные образцы. Исследования такого полива проводили ВНИИГиМ (С. С. Ванеян), ВолжНИИГиМ, УкрНИИГиМ, КазНИИВХ на переоборудованных машинах ДДА-100М. Дождевальные насадки машины закрыли. В трубопровод консольной фермы через 60 или 120 см вставили штуцера, а на них надели отрезки шлангов, небольшая часть которых при работе машины в движении волочится по дну борозды. Вода выливается в борозду из концов этих шлангов.

Испытания этих машин показали хорошие результаты.

КазНИИВХ на основе исследований так называемого комбинированного орошения сахарной свеклы, когда первые вегетационные поливы осуществляют дождеванием с малой поливной нормой, а последующие поливы — большими нормами по бороздам с помощью движущихся машин, рекомендует внедрять этот способ в районах свеклосеяния.

Возможность применения этого способа орошения в хлопководческих районах требовала предварительного анализа и разработки технологии, то есть уточнения теории полива, ранее разработанной С. С. Ванеяном.

При движении поливной машины в бороздах образуется лужа. При относительно больших скоростях движения машины u , малых расходах q и большой водопроницаемости почвогрунтов длина лужи l бывает незначительной. В противном случае длина лужи может увеличиться до нескольких сотен метров и появится сброс во-

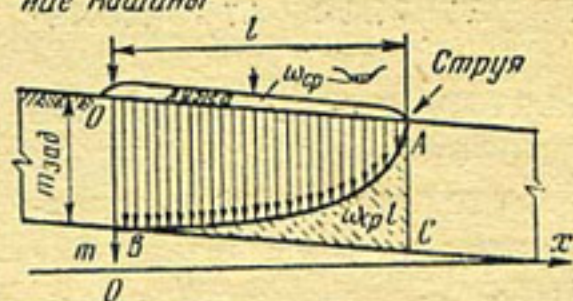


Рис. 16. Схема к расчету режима увлажнения при поливе по бороздам машиной.

ды. Тогда полив по бороздам машинами в движении мало отличается от обычного полива и им трудно управлять.

Для нахождения оптимальных сочетаний u , q , m (задаваемых) и l при разных уклонах и различной водопроницаемости почвогрунтов должна быть установлена аналитическая связь между этими величинами.

Необходимое время существования лужи под любым створом зависит от задаваемой поливной нормы $m_{\text{зад}}$. Это время определяют из зависимости (8). Найденное значение t в дальнейших рассуждениях остается постоянным. Схема к расчету режима увлажнения при поливе по бороздам машиной приведена на рисунке 16.

Дальнейшие рассуждения не зависят от направления движения (машины вверх или вниз по уклону).

Балансовое уравнение (3) при работе машины в движении значительно упрощается. Заменяем dx на $u dt$, где u — искомая скорость машины. Стоящий под интегралом $x' = u = \text{const}$. Исходя из заданной m , находим t по $m = f(t)$, а затем, решая уравнение относительно u , находим

$$u = \frac{q}{\omega + aK_{\text{уст}} \left(\frac{1}{2} + \frac{b}{2 - 3\alpha + \alpha^2} t^{1-\alpha} \right)}. \quad (34)$$

Длину растекания (длину лужи) определяем из простой зависимости

$$l = ut. \quad (35)$$

Такой полив обеспечивает разномерность увлажнения почвы вдоль поля и исключает потери на глубинную фильтрацию. Чтобы расширить диапазон применимости поливных машин, работающих в движении, и улучшить результаты полива на полях со значительными уклонами, УкрНИИГиМ предложил нарезать поливные борозды с перемычками, которые позволяют аккумулировать воду в отсеках.

Для почв с хорошей водопроницаемостью при малом расходе, а также для случаев, когда в бороздах делают

перемычки, формула для расчета скорости машины имеет более простой вид:

$$u = \frac{q}{am_{\text{зад}}} = \frac{q}{aK_{\text{уст}} \left(t + \frac{b}{1-\alpha} t^{1-\alpha} \right)}, \quad (36)$$

где t — постоянная величина, определяемая по формуле (8).

Длину лужи вычисляют по тому же уравнению (35).

Исследования полива по бороздам с применением машин такого типа в аридной зоне показали следующее:

условия применения и технология поливов остаются такими же, как и при поливе машиной ДДА-100;

поливные машины, работающие в движении, очень эффективны на полях с малыми (зона II) и средними (зона III) (при наличии отсеков) уклонами при хорошей водопроницаемости почвогрунтов;

на средневодопроницаемых почвах при поливных нормах 800—1000 м³/га машины должны работать на очень малых скоростях или делать 5—6 проходов;

на глинистых и тяжелосуглинистых почвах с водонепроницаемыми прослойками применение таких машин нецелесообразно, так как сильно увеличивается число проходов, снижаются рабочие расходы машины и производительность труда;

при использовании этих машин резко возрастают к. п. д. полива (табл. 26), исключаются потери на сброс и глубинную фильтрацию.

Таблица 26. Сравнение к. п. д. с самотечного полива по бороздам с к. п. д. дв. полива по бороздам машинами, работающими в движении, и область применения последнего способа полива

Индексы по уклонам	Супесчаные, А			Легкие суглинки, Б			Средние суглинки, В			Тяжелые суглинки, Г			Глины, Д
	к. п. д.с	к. п. д.дв	$\frac{\text{к. п. д.дв}}{\text{к. п. д.с}} \cdot 100\%$	к. п. д.с	к. п. д.дв	$\frac{\text{к. п. д.дв}}{\text{к. п. д.с}} \cdot 100\%$	к. п. д.с	к. п. д.дв	$\frac{\text{к. п. д.дв}}{\text{к. п. д.с}} \cdot 100\%$	к. п. д.с	к. п. д.дв	$\frac{\text{к. п. д.дв}}{\text{к. п. д.с}} \cdot 100\%$	
I	Неприменим												Неприменим
II	62,5	98	157	Применим при устройстве перемычек			Неприменим						
III	66,7	98	147	68,7	97	141	70,1	96	137				
IV	66,7	98	147	77,4	97	125	При $t > 0,005$ нужны перемычки						
V	65,2	98	150	72,1	97	134	74,8	96	128	67,3	95	143	
				72,1	97	134	79,8	96	120	75,9	95	126	
							75	96	128	76,3	95	125	

При поливе по бороздам машинами длина борозд может быть очень большой. В этом случае она ограничивается только условиями подачи воды к машине, топографической ситуацией и хозяйственной целесообразностью. Следует отметить, что этот способ полива требует больших энергетических затрат.

ОБРАБОТКА ЛОЖА БОРОЗД

Уже в середине 50-х годов было ясно, что чем длиннее поливная борозда, тем выше производительность полива, тем легче поддается полив автоматизации и механизации. Перед исследователями встал вопрос о возможном удлинении борозд. В связи с этим в САНИИРИ были проведены опыты полива по длинным бороздам. Опыты показали, что при существующей водопроницаемости почв и применяемых расходах длина борозд ограничивается условием допустимой неравномерности увлажнения. Поэтому исследования направили на разработку специальных мер по уплотнению ложа борозд, по нарезке щелей, нарезке борозд более оптимального профиля. Было предложено нарезать борозды способом «вдавливания».

Кроме того, было отмечено, что вода в бороздах добегают до конца неодновременно. В бороздах, по которым заднее колесо трактора при нарезке борозд проходило два раза (25%), вода бежит быстрее. В бороздах, по которым колеса трактора не проходили (50%), вода течет медленнее. Среднее положение по скорости продвижения струи занимают борозды, по которым переднее колесо трактора проходит один раз. Для учета этого явления опыты проводили, как правило, на 4, 8 и 12-ти бороздах. Затем определяли средние параметры, по которым и разрабатывали рекомендации.

Для создания таких поливных устройств, которые бы дифференцировали подачу воды в борозды разного типа, были исследованы параметры впитывания отдельно по каждому типу борозд, имеющих местные названия маркер, пушта, саргызма (Авербух, 1973).

Чтобы струи одновременно добежали до конца борозд и равномерно увлажняли почву, были разработаны специальные рабочие органы и разные машины для нарезки борозд. Кроме того, было предложено дифференцировать обработку борозд разного типа, то есть использовать разные рабочие органы для уплотнения и рыхления,

навешивая их в разные места трактора (перед колесами, после них), и применять искусственные структурообразователи почв (препараты К-4, К-6 и др.).

Особенно плодотворно в этом направлении работали ВНИИМиТП (И. Г. Алиев), АзНИИГиМ (Г. М. Гусейнов, А. К. Саранди), АрмИВПиГ (Н. А. Нуридджанян, В. Е. Авакян), а также САНИИРИ (Б. Ф. Камбаров и др.).

По опубликованным результатам опытов ВНИИМиТП, АзНИИГиМ и АрмИВПиГ нельзя установить, на сколь-

Таблица 27. Возможные повышения к. п. д. техники полива хлопчатника в перспективе

Индексы		Исходное значение к.п.д. ₁	Повышение к.п.д. от отдельных мероприятий						Степень общего по- вышения к.п.д. ($K_1 K_2 K_3$)	К.п.д. при поливе машинами*
по уклонам	по почвам		планировка и правильное сочетание элементов тех- ники полива		от автомати- зации поли- ва — полив переменной струей		от комп- лексной обработки ложа бо- розды			
			K_1	к.п.д.	K_2	к.п.д.	K_3	к.п.д.		
I	A	0,47	1,11	0,52	1,02	0,53	1,18	0,62	1,32	—
	Б	0,60	1,12	0,67	1,07	0,72	1,04	0,75	1,25	—
	В	0,66	1,19	0,72	1,16	0,85	1,02	0,86	1,30	—
	Г	0,62	1,11	0,69	1,15	0,79	1,02	0,81	1,31	—
	Д	0,47	1,10	0,52	1,71	0,89	1,01	0,90	1,87	—
II	A	0,56	1,10	0,62	1,27	0,79	1,02	0,81	1,44	0,98
	Б	0,62	1,09	0,68	1,19	0,81	1,02	0,82	1,32	0,97
	В	0,63	1,11	0,70	1,33	0,93	1,06	0,93	1,48	0,96
	Г	0,58	1,10	0,64	1,37	0,88	1,01	0,89	1,53	—
	Д	0,55	1,11	0,61	1,38	0,84	1,01	0,85	1,54	—
III	A	0,60	1,12	0,67	1,03	0,69	1,04	0,72	1,20	0,98
	Б	0,70	1,10	0,77	1,14	0,88	1,01	0,89	1,27	0,97
	В	0,67	1,12	0,75	1,28	0,96	1,00	0,96	1,43	0,96
	Г	0,61	1,09	0,67	1,22	0,82	1,02	0,83	1,36	0,95
	Д	0,64	1,12	0,72	1,17	0,84	1,01	0,85	1,33	—
IV	A	0,60	1,12	0,67	1,00	0,67	1,05	0,70	1,17	0,98
	Б	0,65	1,11	0,72	1,12	0,81	1,02	0,82	1,26	0,97
	В	0,72	1,11	0,80	1,08	0,86	1,01	0,87	1,21	0,96
	Г	0,68	1,12	0,76	1,16	0,88	1,01	0,88	1,29	0,95
	Д	0,66	1,10	0,73	1,01	0,78	1,02	0,80	1,21	—
V	A	0,59	1,10	0,65	1,00	0,65	1,06	0,69	1,17	0,98
	Б	0,65	1,11	0,72	1,00	0,72	1,03	0,73	1,12	0,97
	В	0,67	1,12	0,75	1,00	0,75	1,03	0,77	1,15	0,96
	Г	0,69	1,10	0,76	1,08	0,82	1,02	0,88	1,20	0,95
	Д	0,72	1,11	0,80	1,14	0,91	1,01	0,92	1,28	—

* При коэффициенте использования машины во времени равном единице.

ко увеличивается к. п. д. полива в результате обработки ложа борозд различными способами. В данном случае об эффективности этих мероприятий судят по другим показателям: затраты воды, равномерность увлажнения по длине, возможность удлинения борозд, урожайность.

По методике САНИИРИ примерно можно определить увеличение к. п. д., используя значения $K_{уст}$, b и a , рассчитанные Б. Ф. Камбаровым при проведении опытов на обрабатываемых и контрольных бороздах (табл. 27).

В заключение можно отметить следующее:

невозможно ожидать перевода почвы с одного балла водопроницаемости в другой, более благоприятный по к. п. д., то есть ожидать коренной переделки почвы; однако можно достичь параметров по водопроницаемости b , a и к. п. д. техники полива примерно средних между соседними баллами почв;

благодаря уплотнению первой трети борозды, щелчеванию или рыхлению нижней трети на наиболее благоприятной категории почв к. п. д., равный 0,7, повышается примерно на 4%, а самый высокий к. п. д., равный 0,8,—на 2%;

основное преимущество обработки ложа борозды состоит в том, что она позволяет удлинить борозду. Это снизит капиталовложения на автоматизацию полива и повысит производительность труда даже при ручном поливе.

ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ

Это самое важное и первоочередное мероприятие стоит на последнем месте раздела только потому, что значение планировки в совершенствовании техники поверхностного орошения и агротехники (точный высеv, площадь обработки, захватываемая машинами, машинный сбор урожая и др.) общеизвестно и общепризнано.

Выше было доказано, что фактически к. п. д. составляют 0,9 теоретически возможных. Планировка — обязательная и решающая мера для дальнейшего повышения к. п. д.

Кроме того, планировка необходима на равнинных условиях для перехода на более совершенную и экономичную поперечную схему полива вместо продольной, а также в горной и предгорной зонах (зона 1) для перехода на контурную систему земледелия.

ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ И МЕТОДИКА РАЙОНИРОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ СПОСОБЫ И ТЕХНИКУ ПОЛИВА

К основным факторам, обуславливающим способы орошения и проектирования техники полива, относятся:

- 1) водопроницаемость почвогрунтов;
- 2) средние уклоны местности и рельеф;
- 3) мелиоративное состояние земель;
- 4) скорости и повторяемость ветров;
- 5) агроэкономические требования и экономические возможности.

По факторам 1 и 2, которые можно назвать ведущими, выбирают способ полива (дождевание или поверхностное орошение) и назначают принципиальные технологические схемы и элементы техники полива.

Мелиоративное состояние земель обуславливает режим орошения (промывной, непромывной), расчетные оросительные и промывные нормы. Но надо помнить, что при поверхностном поливе реальные поливные нормы в основном зависят от факторов 1 и 2.

По факторам 3 и 4 уточняют возможность орошения дождеванием, то есть из намеченной территории освоения исключают площади, на которых дождевание неприемлемо.

По фактору 5 в некоторых случаях можно уточнять схему поверхностного полива (длина поливных борозд, поливные устройства и оборудование) в зависимости от обеспечения осваиваемого объекта рабочей силой и степени механизации. Кроме того, проектирование орошения должно быть связано с возможностями обеспечения строительства новыми материалами в запланированные сроки строительства и возможностями обеспечения вновь создаваемых хозяйств поливными машинами и устройствами в период освоения. При дождевании по этому фактору уточняют тип дождевальных машин и систем.

Водопроницаемость почвогрунтов. Поскольку полевых исследований по определению водопроницаемости, как правило, всегда недостаточно, то почвогрунты объекта по водопроницаемости районируют по косвенному признаку: механический состав почв и подстилающих грунтов. Механический состав приводится на всех поч-

венных картах в описаниях почвенных разностей (экс-пликациях). Оценка в баллах почвогрунтов аридной зо-ны в зависимости от механического состава приведена в таблице 28.

Таблица 28. Оценка водопроницаемости почвогрунтов в баллах (А, Б, В, Г и Д)

Механический состав подпахотного горизонта, слой 0,3—1 м	Механический состав верхнего горизонта, слой 0—0,3 м				
	супеси	легкие суглинки	средние суглинки	тяжелые суглинки	глины
Галечник с песком	А	А	А	Б	В
Супесь	А	А	Б	В	Г
Легкий суглинок	А	Б	В	Г	Г
Средний суглинок	Б	В	Г	Г	Д
Тяжелый суглинок	В	Г	Г	Д	Д
Глины и различные суглинки с на- личием водонепроницаемых про- слоек	Г	Г	Д	Д	Д

Приведенная оценка водопроницаемости почв, осно-вывающаяся на механическом составе почв и подпахот-ного горизонта, дана для староорошаемых земель. Как известно, водопроницаемость целинных автоморфных почвогрунтов, особенно просадочных, в процессе много-летнего их использования — от первого года освоения до состояния, когда земля начинает именоваться старооро-шаемой, сильно снижается. Это обстоятельство необхо-димо учитывать проектировщикам и хозяйствам, осваи-вающим земли. Количественных показателей снижения водопроницаемости пока нет. Поэтому на вновь осваи-ваемых землях расходы воды в борозду и размер полив-ных норм должны быть в 1,5 раза больше, чем норматив-ные, для староорошаемых земель. К почвам гидроморф-ным и переходным это замечание не относится.

В стадии технического проекта районирование тер-ритории объекта по водопроницаемости почвогрунтов проводится на почвенных картах масштаба 1 : 50 000, а в стадии рабочего проектирования — на картах в мас-штабе 1 : 10 000.

Желательно к началу рабочего проектирования иметь результаты полевых исследований водопроницаемости,

чтобы уточнить ее по данным почвенной карты, то есть установить значения параметров $K_{уст}$, b и a на основных почвенных разностях объекта. При определении полевых параметров водопроницаемости выбранные для опытов площадки предварительно надо увлажнить до 0,65—0,7 ППВ в слое 1,5—2 м.

Уклон местности и рельеф. Для проектирования техники полива производят районирование территории по уклонам, основываясь на различиях в технологии бороздкового полива и перспективных конструкциях подводящей сети (см. подраздел «Классификация орошаемых земель по уклонам»).

ВЫБОР СПОСОБА ОРОШЕНИЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Из известных трех способов орошения (поверхностное, дождевание и подпочвенное) в Средней Азии наибольшее распространение получил поверхностный способ. Несмотря на ряд недостатков, он доказал свою универсальность. Однако при поверхностном орошении труднее осуществить механизацию и автоматизацию полива, чем при поливе дождеванием. Поэтому, приступая к проектированию орошения, в первую очередь необходимо выяснить, возможно ли на объекте по природным условиям и экономическим соображениям применять дождевание.

Дождевание. В аридной зоне орошение хлопчатника дождеванием прошло производственную проверку в условиях близкого залегания грунтовых вод. Так, в совхозе «Пахтаарал» были получены высокие урожаи при несколько сниженных по сравнению с бороздковым поливом полных оросительных нормах. Но при этом были необходимы обильные запасные или промывные поливы зимой или ранней весной. Несмотря на снижение оросительных норм на поле, водозабор хозяйства остался почти на прежнем уровне, каким он был до внедрения дождевания. Это объясняется трудностями организации круглосуточной ритмичной работы дождевальных машин. Большая часть забираемой воды сбрасывалась.

В условиях глубокого залегания грунтовых вод хлопчатник на площади 35 га уже 20 лет поливают дождеванием на Научно-исследовательской станции техники орошения (НИСТО) САНИИРИ. Оросительная норма составляет 5000 м³/га, число поливов — 6. Поливные нор-

мы, равные 800—850 м³/га, ДДА-100М выливает за 12—13 проходов. Обильный запасной полив обязателен. В некоторые годы появилась необходимость в предпосевном и вызывном поливе. В начале сентября замечена большая сработка запасов почвенной влаги с глубины до 4 м. Урожайность хлопчатника составляет 30—35 ц/га.

Результаты исследований водопотребления хлопкового поля методом теплового баланса при поливе по бороздам и дождеванием приведены в таблице 29, из которой видно, что водопотребление при обоих способах полива примерно одинаково, то есть не зависит от способа при одинаковой урожайности.

Таблица 29. Водопотребление хлопкового поля, м³/га
(по данным САНИИРИ)

Месяц	Бороздковый полив			Дождевание		
	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.
Май	833	813	1120	813	813	1160
Июнь	1289	1291	1418	1410	1140	1378
Июль	1697	1654	1715	1781	1654	1754
Август	1875	2062	1909	1984	2018	2006
Сентябрь	1098	1216	1016	1020	1223	1244
Итого:	6792	7036	7178	7028	6848	7542
Среднее за 3 года		7002			7130	

Примечание. Водопотребление измеряли с помощью комплекса приборов АФНИИ, основанных на регистрации теплового баланса.

Дождевание в аридной зоне в условиях почв повышенной водопроницаемости должно иметь ряд преимуществ по сравнению с поверхностным орошением. Главное из них — возможность полной автоматизации полива, то есть высокая производительность труда, возможность проведения поливов малыми нормами при строгом их регулировании.

Но дождевание имеет и недостатки. Поэтому вопрос о дождевании в аридной зоне требует продолжения исследований.

Возможность применения дождевания и выбор типа дождевальной техники в первую очередь зависит от водопроницаемости почв. Одновременно следует учитывать и среднюю поливную норму, которая необходима

для полива без стока. Если на Украине расчетные поливные нормы могут составлять всего 500—600 м³/га, то в аридной зоне они должны быть значительно больше. Так, поливные нормы брутто для зон А, Б, В, Г, Д при глубоком залегании грунтовых вод должны быть соответственно не менее 500, 600, 750, 850 и 1000 м³/га. Эти цифры уже учитывают испарение в процессе дождевания и в первые дни после него, которое составляет 20% поливной нормы. Другими словами, нормы нетто соответственно будут равны 400, 480, 550, 680 и 800 м³/га.

По условиям рельефа дождевание возможно при любых рельефах и уклонах. В зонах I и II рационально стационарное дождевание, в зонах IV и V — дождевание передвижными агрегатами, а в зоне III тип дождевания (стационарное или передвижными машинами) устанавливается технико-экономическими расчетами.

Рассмотрим возможность дождевания по ветровой интенсивности. В европейской части СССР и в более северных широтах азиатской части орошение сельскохозяйственных культур не является систематическим. Там можно делать перерывы в использовании воды, когда ветровая деятельность превышает допустимые пределы. В Средней Азии же орошение систематическое. Поэтому искусственный перерыв в использовании воды влечет за собой потерю воды для хозяйства. Чтобы по технологии полива допускать перерывы, надо строить емкости, аккумулирующие непосредственно в хозяйствах значительную часть объема подаваемой воды из межхозяйственной сети.

Метеорологический справочник «Ветер» не отвечает на вопросы, возникающие при районировании дождевания. Для уверенного назначения дождевания нельзя пользоваться среднегодовыми и среднемесячными данными о силе и повторяемости ветров, так как при расчетах средних скоростей ветров были включены и наблюдения, показывающие штили. Поэтому в справочнике показатели действительных средних скоростей ветра в вегетационный период (май—август), при которых должны работать дождевальные агрегаты, занижены. В сентябре ветровая деятельность ослабевает, следовательно, этот месяц можно не учитывать.

В первом приближении дождевание возможно там, где повторяемость штилей и ветров со скоростями, меньшими нормативных, за май—август не менее 90%.

Приведем предельно допустимые скорости ветра при дождевании:

дальнеструйные и среднеструйные дождевальные насадки при работе по кругу	2 м/с
то же, при работе по сектору	3 м/с
короткоструйное дождевание в позиции	5 м/с
короткоструйное дождевание в движении при устойчивом направлении ветра во времени и при движении машины по ветру или против него	8 м/с

В последнем случае при проектировании поливные участки надо располагать в соответствии с направлением господствующего ветра. Для «Фрегата» пока нет никаких рекомендаций, так как этот вопрос не изучался.

Перед решением вопроса о применении дождевания на каком-либо крупном массиве необходимо проанализировать данные ветрового кадастра САРНИГМИ с учетом вышеприведенных позиций и составить картограммы средней силы и повторяемости ветров. Если же проектный массив по ветровой интенсивности не имеет достаточно надежных данных, то желательно организовать специальные исследования ветрового режима.

Теперь охарактеризуем возможность дождевания по размерам водопотребления и мелиоративным условиям. Ввиду различия в аридной зоне термического режима в вегетационный период, несмотря на разницы в урожайности хлопчатника по регионам и хозяйствам, водопотребление хлопкового поля (транспирация и испарение почвой) колеблется в пределах от 6000 до 8000 м³/га. При очень близком уровне грунтовых вод водопотребление может быть и большим за счет увеличения испарения почвой.

В предгорной зоне с глубоким залеганием грунтовых вод, особенно при наличии почвогрунтов повышенной водопроницаемости, оросительная норма достигает 12—13 тыс. м³/га, из которой почти половина теряется. В этих условиях рационально орошение стационарным дождеванием. Оно позволит осуществить большее число поливов малыми нормами, выровнять режим влажности полей, повысить урожайность и предотвратить эрозию почв. При поверхностном же орошении полив малыми нормами по бороздам в таких условиях невозможен. Кроме того, полив по бороздам здесь очень трудоемок и требует большого числа поливов. Таким образом, дождевание в этих регионах по экономическим соображениям (сни-

жение эксплуатационных издержек) должно внедряться в первую очередь.

На периферии долинных систем и на дельтовых системах в условиях близкого залегания вод и почвогрунтов пониженной водопроницаемости с развитыми капиллярными свойствами оросительные нормы вегетационного периода при бороздковом поливе составляют всего 3500—4000 м³/га. Отметим, что водопотребление хлопкового поля остается прежним — 6000—8000 м³/га или возрастает при сильном повышении уровня грунтовых вод. Разница между водопотреблением и подачей на поле восполняется расходом грунтовых вод в результате их восходящего движения по капиллярной кайме. Искользованные запасы грунтовых вод пополняются фильтрационными потерями промывных и запасных поливов, а на почвах среднего механического состава и более легких грунтовые воды пополняются и вегетационными поливами, поскольку поливные нормы превышают дефицит влаги корнеобитаемого слоя.

Дождевание же на этих системах может снизить оросительную норму до 2000—2500 м³/га. Использование дождевальных машин технически возможно и экономически оправдано (при отсутствии кадров поливальщиков на землях нового орошения). Однако остается необходимость в запасных поливах (влагозарядке). Если систематически не пополнять грунтовые воды в невегетационный период, то есть допустить снижение их уровня до 3—3,5 м, то после определенного числа лет оросительная норма дождевания неизбежно возрастает до размера водопотребления и даже несколько превысит его.

Исключение представляют местности, на которых достаточно близкий уровень грунтовых вод обеспечивается притоком пресных или очень слабо минерализованных грунтовых вод из реки, крупного ирригационного канала, или с вышерасположенных территорий (зоны выклинивания конусов выноса, пойменные террасы Чирчика, Зеравшана и др.). Дождевание машинами в таких случаях возможно и рентабельно.

На мелиоративно-неблагополучных территориях, кроме систематических зимних промывок, даже в вегетационный период необходимо создавать промывной режим орошения хлопчатника. Многолетняя практика хлопкосеющих хозяйств мелиоративно-неблагополучных регио-

нов показывает, что водоподача должна основываться не только на плановых оросительных нормах, так как мелиоративные условия могут изменяться в течение года. К счастью, на большинстве земель (кроме почв Г и Д) промывной режим орошения обеспечивается самой технологией бороздкового полива хлопчатника вручную. Кроме этого, промывной режим дополнительно обеспечивается фильтрационными потерями из оросительной сети, а также из каналов и полей вышерасположенных. К. п. д. оросительной сети пока еще низкий.

Однако в перспективе в связи с неизбежной реконструкцией систем технику полива, промывные нормы и дренаж надо рассчитывать, исходя из достаточно большой подачи воды на поля.

Как показывает опыт строительства и освоения новых больших территорий, в случаях, когда природой не обеспечен естественный отток грунтовых вод в первые годы освоения, несмотря на применение антифильтрационных мероприятий и дренажа, грунтовые воды относительно быстро поднимаются до 3—3,5 м, а вместе с ними поднимаются и соли. В результате эти земли оказываются мелиоративно-неблагополучными. Промывки и промывной режим орошения становятся неизбежными. Такой режим орошения, то есть большими поливными нормами, осуществить дождеванием технически трудно и пока дорого.

Подпочвенное орошение. Исследования эффективности подпочвенного орошения в аридной зоне начали недавно. На опытной станции НИСТО САНИИРИ построен экспериментальный участок подпочвенного орошения в условиях сложного рельефа и больших уклонов для полива сада и винограда.

В Голодной степи созданы экспериментальные участки для полива хлопчатника. Исследования проводят Средазирсовхозстрой, Средазгипроводхлопок, ГСКБ по ирригации, СоюзНИХИ и САНИИРИ.

Результаты показали, что подпочвенное орошение может сократить водопотребление поля, уменьшив испарение почвой, и повысить к. п. д. полива, исключив сброс. Кроме того, оно позволяет автоматизировать полив и внесение удобрений.

До массового внедрения этого способа орошения в производство еще далеко, поэтому желательно ускорить исследования, создав крупные экспериментальные участ-

ки для многолетних всесторонних исследований этого способа орошения в различных природных условиях и с разными культурами. Участки необходимо выбирать в первую очередь с почвами средней водопроницаемости и с наличием на глубине 0,8—1 м водонепроницаемых или слабопроницаемых прослоек мощностью 0,5—0,6 м. Желательно, чтобы на глубине 1,3—1,5 м находился слой супеси или песка, обеспечивающий дренаж и незасоленность экспериментального поля.

Поверхностное орошение. В Средней Азии поверхностное орошение ввиду универсальности применимо во всех условиях для любой сельскохозяйственной культуры. Дальнейшее совершенствование этого способа позволит повышать к. п. д. техники полива и производительность труда. В последние годы успешно внедряется механизация поверхностного орошения; начаты исследования по автоматизации полива, которые хотя проведены и в небольшом объеме, но уже дали обнадеживающие результаты, особенно по гидравлической автоматизации. В ближайшее десятилетие поверхностное орошение в Средней Азии останется основным способом орошения. Перспективное районирование поверхностного орошения и дождевания можно проиллюстрировать в таблице 30.

Освоение больших регионов пустынных и полупустынных земель и развитие орошения на них связано с постепенным изменением климатических, гидрогеологических и других условий. Оросительные и поливные нормы в процессе освоения постепенно меняются.

Средазгипроводхлопок в 1962—1968 гг. (Г. Н. Павлов, П. А. Коротков), проводя натурные наблюдения за режимом орошения на новых землях Голодной степи, установил, что в первый год использования земель поливные нормы достигают 3500 м³/га, а в последующие годы снижаются до 2200—2500 м³/га. Поэтому Средазгипроводхлопок при разработке режимов орошения крупных целинных регионов рассчитывал водопотребление отдельно для каждого периода: период начального освоения, переходный период и так называемый период базиса.

Несколько позднее Голодностепстрой на более обширном материале проанализировал изменение оросительных норм по годам освоения в зависимости от глубины грунтовых вод, также менявшейся по годам. В ре-

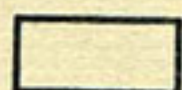
Таблица 30. Районирование поверхностного орошения и дождевания в Средней Азии

Индексы по водо- проницаемости	Индексы по уклонам				
	I	II	III	IV	V
A	зона дождевания	зона дождевания	зона дождевания	зона орошения	зона орошения
Б	зона дождевания	зона дождевания	зона орошения	зона орошения	зона орошения
В	зона дождевания	зона орошения	зона орошения	зона орошения	зона орошения
Г	зона дождевания	зона орошения	зона орошения	зона орошения	зона орошения
Д	зона дождевания	зона дождевания	зона дождевания	зона дождевания	зона дождевания

Примечания.



— зона преимущественного применения стационарного дождевания;



— зона возможного применения как дождевания, так и поверхностного орошения;



— зона применения только поверхностного полива.

зультате анализа большого количества данных В. А. Духовный предложил следующую эмпирическую зависимость:

$$K = 0,645H^{0,324},$$

где K — коэффициент увеличения фактической оросительной нормы M_{ϕ} по сравнению с расчетной M ; H — глубина грунтовых вод на конкретный год освоения, м.

Согласно формуле, $K=1$ при $H=4$ м. При $H>4$ м $K>1$, а при $H<4$ м $K<1$. В других природных условиях эта зависимость может быть несколько иной, но закономерность остается такой же.

Это свидетельствует о том, что при освоении крупных регионов пустынных земель Средней Азии более надежно поверхностное орошение, чем дождевание. Однако это не исключает возможность замены поверхностного орошения дождеванием в перспективе, когда водопотребление сильно снизится, а земли будут полностью мелиорированы.

РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО СПОСОБАМ И ТЕХНИКЕ ПОЛИВА

Из содержания предыдущего раздела следует, что орошаемые земли должны быть районированы по наиболее целесообразным способам и технике полива. Для условий аридной зоны методика районирования была составлена в 1968 г. (Лактаев, 1972).

Виды, задачи и масштабы районирования. Можно различать следующие виды районирования.

Республиканское районирование, которое выполняют на картах в масштабах 1 : 200 000, служит для следующих целей:

- определение потребности областей и республики в различных видах поливных машин и оборудования, строительных конструкций и материалов;

- размещение и организация необходимой индустриальной базы;

- распределение поливной техники между областями;

- планирование заказов на недостающую технику и поливное оборудование.

Региональное (областное) районирование выполняют на картах в масштабе 1 : 50 000 на основе схем использования водных ресурсов, технических проектов реконструкции и развития оросительных систем крупных регионов. Этот вид районирования служит для распределения поливной техники между административными районами республики.

Детальное (внутрирайонное) районирование выполняют на картах в масштабе 1 : 10 000 для обоснования одностадийных проектов переустройства внутрихозяйственной оросительной сети и генеральных планов переустройства внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети. На этом районировании должно основываться распределение поливной техники между хозяйствами района.

В результате районирования техники полива на основе анализа рельефа, почв, мелиоративно-гидрологических, климатических, хозяйственных, агробиологических и других условий существующей и перспективной орошаемой территории на картах изображают ареалы применения усовершенствованных старых и новых автоматизированных и механизированных приемов полива, являющихся на время составления районирования достаточно

Таблица 31. Техника орошения, подлежащая районированию

Способ и техника полива	Индекс на карте	Примечание
<i>Полив дождеванием (ареал зеленого цвета)</i>		
Широкозахватными дождевальными машинами, работающими в движении	1	Машины типа ДДА-100М, «Фрегат»
Широкозахватными дождевальными машинами, работающими позиционно	2	Машины типа ДМА-200, «Волжанка»
Дальнеструйными дождевальными агрегатами	3	ДДН-70
Среднеструйными дождевальными установками	4	УДС-25
Новыми перспективными установками с механизированным перемещением дождевальных крыльев	5	
Стационарными дождевальными системами с искусственным напором	6	
Стационарными дождевальными системами с естественным напором	7	Проектируют в зависимости от местных условий

Поверхностный полив (ареал коричневого цвета)

Полив по бороздам и напуском по полосам с применением:		
лотков и трубопроводов автоматического распределения воды между бороздами (полосами)	1	
подземных трубопроводов (система предложена МГМИ)	2	
гибких трубопроводов, забирающих воду из закрытых водоводов	3	
комбинированной оросительной сети с гибкими трубопроводами	4	
гибких трубопроводов, забирающих воду из железобетонных лотков	5	
гибких трубопроводов с машинами с механической подкачкой	6	Машины ППА-165 и ТШП-40
жестких поливных трубопроводов	7	

Способ и техника полива	Индекс на карте	Примечание
поливных машин	8	
открытых каналов (временных оросителей, выводных борозд), подающих воду с помощью сифонов, трубочек, односторонних выводных борозд	9	
Полив по чекам (выращивание риса)	10	Ареал синего цвета
Лиманное орошение	11	
Террасное орошение	12	Ареал красного цвета

надежными и эффективными. В ведомостях, прилагаемых к карте, должны быть определены площади ареалов применения различной техники полива по районам, областям и итоговые данные по республике (области, району).

Районирование техники полива в будущем предстоит выполнять неоднократно, приурочивая его к составлению очередного народнохозяйственного плана на следующую пятилетку. Это будет обусловлено огромными работами по переустройству оросительной сети и по внедрению прогрессивной техники полива. Кроме того, предлагаемая для внедрения новая техника полива непрерывно совершенствуется, а некоторые рекомендации устаревают.

Предмет и факторы районирования. Из способов поливов районировать полив дождеванием и поверхностный полив по бороздам. Считается, что полив сельскохозяйственных культур хлопкового севооборота напуском по полосам (травы, зерновые), а также полив садов и виноградников вполне осуществим там, где возможен полив хлопчатника по бороздам.

Подпочвенное орошение, как способ, не прошедший производственную проверку, не рассматривается.

В таблице 31 показаны техника полива, подлежащая районированию, и присвоенные индексы.

К факторам районирования техники полива по-прежнему относятся: водопроницаемость почвогрунтов; средние уклоны местности и рельеф, мелиоративное состоя-

ние земель, скорости и повторяемость ветров, агроэкономические требования.

Эти факторы и их количественные параметры были подробно рассмотрены в подразделах: «Классификация почвогрунтов по водопроницаемости», «Классификация почвогрунтов по уклонам», «Факторы, обуславливающие способы орошения и проектирование техники полива» и «Выбор способа орошения в аридной зоне».

Районирование орошаемых земель УзССР. На основании методики, изложенной в работе, отделом орошения САНИИРИ было проведено районирование существующих и перспективных (на 1990 г.) орошаемых земель УзССР по применению наиболее целесообразных способов и техники полива. Согласно этому районированию, каждый способ и техника полива будут занимать следующие площади, % всей площади 1990 г.:

Дождевание	12,5
стационарными системами с естественным напором . . .	2,75
стационарными системами с искусственным напором . .	4,2
широкозахватными дождевальными агрегатами, работаю-	
щими в движении (типа ДДА-100)	4,0
новыми перспективными установками	1,55
Поверхностное орошение	87,3
полив по бороздам и напуском по полосам с применением:	
лотков и трубопроводов автоматического распределения	
воды между бороздами	5,1
подземных поливных трубопроводов	3,6
гибких трубопроводов, забирающих воду из закрытой сети	15,6
гибких трубопроводов, забирающих воду из железобе-	
тонных лотков	16,3
поливных машин с гибкими трубопроводами	10,8
жестких поливных трубопроводов	8,5
вручную с помощью трубочек-сифонов	22,6
полив по чекам (выращивание риса)	4,4
террасное орошение	0,4
Подпочвенное орошение в экспериментальных хозяйствах .	0,2
Всего	100

Как видно, под дождевание отводится всего 12,5% всей площади, но это уже составляет 475 тыс. га, по сравнению с существующей, равной 1,3 тыс. га. Преимущество сохранит поверхностное орошение (87,3%). Однако нельзя считать такое соотношение незыблемым. Наука движется вперед, накаплиются данные производственных испытаний, поэтому данное соотношение может измениться. Возможно, что более быстрыми темпами будет развиваться подпочвенное орошение.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ ПО БОРОЗДАМ

Итак, полив по бороздам будет еще долго и верно служить в орошаемом земледелии Средней Азии. Между тем, несмотря на длительный срок существования бороздкового полива, научное обоснование его проектирования до сих пор в нужной мере не разработано.

Достаточно известны принципы и нормы проектирования внутрихозяйственной сети в виде земляных каналов. Эта сеть, располагаемая в соответствии с рельефом местности (по водоразделам), а иногда и микрорельефом, обладает рядом существенных недостатков (неудовлетворительная конфигурация участков, низкие к. п. д., сложная эксплуатация и др.).

Внутрихозяйственная сеть будущего должна быть более совершенной и с высоким к. п. д. Она должна обеспечить автоматизацию водораспределения и полива, ее крупные поля (поливные участки) правильной конфигурации позволяют рационально использовать будущую сельскохозяйственную технику с мощными, высокоскоростными тракторами и широкозахватными орудиями.

Проектировать поля, строить новую оросительную сеть, перестраивать старые хозяйственные системы надо так, чтобы не возникала необходимость в повторных реконструкциях. Как видно, проектирование орошения усложняется. Между тем в настоящее время проектирование нижнего звена оросительной сети и технологии полива непосредственно на полях в достаточной мере не регламентированы.

Первый шаг проектирования схемы сети, технологии полива, поливных устройств — районирование территории объекта или хозяйства по уклонам местности и водопроницаемости почвогрунтов. Это районирование делают на основе изложенных положений и классификаций, но только уже на карте в масштабе 1 : 10 000. В принципе оно не отличается от вышеописанного.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОПЕРЕЧНОЙ СХЕМЫ ПОЛИВА

Различают две принципиальные схемы полива хлопчатника по бороздам: продольную и поперечную (рис. 17). Тип схемы определяет характер расположения

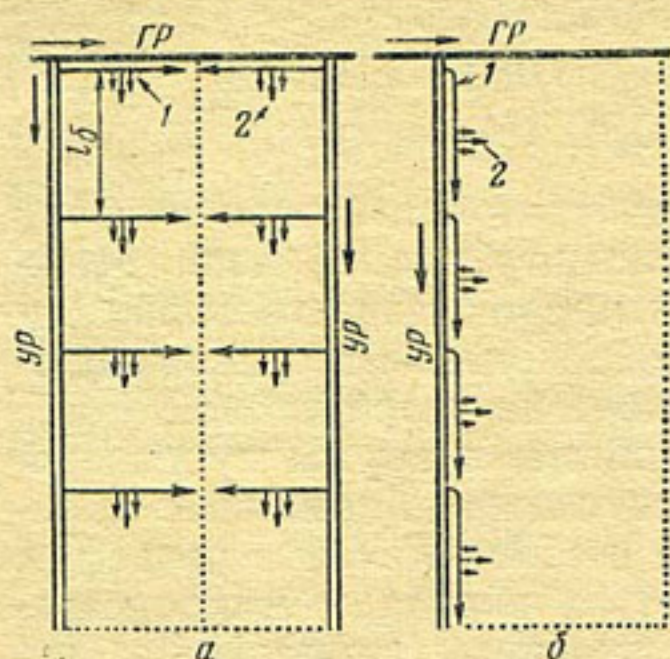


Рис. 17. Продольная (а) и поперечная (б) схемы полива:

ГР — групповой распределитель; УР — участковый распределитель; 1 — ок-арыки, или выводные борозды, или другие устройства, распределяющие воду по бороздам; 2 — направление поливных борозд.

оросительной сети на массиве и удельную протяженность ее каналов.

На рисунке 17 продольная схема изображена двухстороннего

командования, а поперечная одностороннего. Однако поперечные схемы (поливные участки) могут быть и двухстороннего командования.

При продольной схеме после полива ок-арыки разравнивают или оставляют, так как они не мешают движению машинно-тракторного агрегата. В этом случае длина гона при культивации равна длине участка, то есть достаточно большая. В поперечной схеме в середине поля ок-арыков нет, борозды нарезают поперек поля. Длина гона при нарезке борозд, внесении удобрений, культивации и других обработках ограничена максимально допустимой длиной борозды l_b , зависящей от почвенных условий и поперечного уклона поля.

Поперечная схема давно и широко распространена в предгорной зоне, но в долинах, в новой зоне орошения Голодной степи она появилась сравнительно недавно.

Опыт выращивания хлопчатника в совхозах Голодной степи на уширенных междурядьях по поперечной схеме, предложенной С. М. Кривовязом совместно со специалистами Средазгипроводхлопка П. А. Коротковым, Г. Н. Павловым и другими, показал несомненное преимущество ее по сравнению с узкими междурядьями при продольной схеме поливов. Преимущества такой технологии следующие:

повышается уровень механизации в общем комплексе работ по возделыванию хлопчатника, что очень важно в условиях освоения новых земель, где всегда недостаток рабочей силы вообще, а поливальщиков в особенности; возрастает урожайность хлопчатника;

уменьшаются производственные затраты и себестоимость хлопка-сырца;

увеличиваются удельные показатели продукции на одного рабочего;

значительно облегчается проведение поливов, следовательно, возрастает производительность труда на поливах;

создаются лучшие условия для внедрения автоматизации полива;

уменьшаются капиталовложения в строительство оросительной сети, а также затраты на приобретение поливного оборудования.

Одновременно с преимуществами полив по поперечной схеме в некоторых условиях имеет и недостатки. Поперечная схема в условиях, где длина поливных борозд (длина гона) не может быть больше 350—400 м, несколько снижает эффективность использования машинно-тракторных агрегатов.

В перспективе, когда появятся очень мощные высокоскоростные тракторы и будет решен вопрос о создании поливных устройств продольной схемы, станет возможным переход на продольную схему. Но еще не вскрыты все возможности дальнейшего совершенствования полива по поперечной схеме. Например, удлинение поливных борозд путем обработок почвы их ложа.

Ошибочно мнение, что на широких междурядьях нужно поливать самыми большими расходами, какие только пропустит борозда (2—3 л/с). Если не снижать эти расходы после добега и процесса долива (в два-три приема), то нижняя часть участка сильно затапливается и возникают сбросы за пределы поля. Кроме того, эти расходы недопустимы для первых поливов хлопчатника, когда растения еще малы. Поливать переменным расходом при ручном регулировании затруднительно. В то же время сэкономленный в результате снижения подачи воды на поле расход, как правило, использовать невозможно, и его просто сбрасывают.

Перейдем к вопросу применения поперечной или продольной схемы в зависимости от природных и хозяйственных условий.

В отличие от земляных временных оросителей (ок-арыков), переносных шлангов и других приспособлений для полива по продольной схеме стационарные поливные устройства ограничивают движение сельскохозяй-

зяйственных машин. При междурядных обработках машинно-тракторные агрегаты должны разворачиваться на краях участка, то есть при поперечной схеме полива длина гона неизбежно ограничивается длиной поливных борозд.

Размещение постоянной сети и стационарных поливных устройств по поперечной схеме полива, с одной стороны, сокращает затраты труда на полив, с другой — снижает производительность сельскохозяйственных машин. Поэтому для решения этого вопроса необходимо сопоставить приемлемую длину гона, при которой производительность машин сохраняется достаточно высокой, а потери урожая из-за заминания растений на поворотах не превышают допустимых, с оптимальной длиной борозды, обеспечивающей высокий к. п. д. техники полива.

Опыты СоюзНИХИ и САИМЭ показали, что с уменьшением длины гона увеличиваются время, затрачиваемое на повороты агрегатов, и площади заминания. Длина гона (длина борозд), при которой потери времени и площади не превышают допустимых, составляют 350—400 м. Увеличение длины гона уже не уменьшает потери.

Таблица 32. Допустимая длина борозд и зоны применения продольной или поперечной схемы

Уклоны	Индексы по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
		А	Б	В	Г	Д
<i>Ширина междурядий 0,6 м</i>						
Более 0,02	I	40	75	125	150	175
0,02—0,0075	II	100	125	200	200	200
0,0075—0,0025	III	175	275	325	400	375
0,0025—0,001	IV	225	300	350	425	400
Менее 0,001	V	150	250	350	550	850
<i>Ширина междурядий 0,9 м</i>						
0,005—0,0025	IIIa	—	—	450	450	400
0,0025—0,001	IV	—	450	600	650	550
Менее 0,001	V	—	—	600	650	1000

Примечание. Выделена зона применения поперечной схемы.

Сопоставляя оптимальную длину борозд по условиям трактороиспользования с нормативными значениями длин борозд, указанных в таблице 10, можно разграничить применение продольной и поперечной схемы в зависимости от природных условий следующим образом (табл. 32).

РАСЧЕТНЫЕ ПОЛИВНЫЕ НОРМЫ И КОЭФФИЦИЕНТ ФОРСИРОВКИ

Поливные нормы (500—800 м³/га), рассчитанные по дефициту влажности корнеобитаемого слоя, при бороздковом поливе обеспечить очень трудно. Минимально возможная подача воды на поле (поливные нормы брутто) при идеальной планировке и идеальном распределении воды по бороздам показаны в таблице 10. В хозяйствах же поливные нормы больше из-за вынужденного увеличения продолжительности полива. Все это должно учитываться в расчетном гидромодуле при определении расходов участковых оросителей, групповых каналов и поливных устройств, подающих воду на поле. Одновременно с этим необходимо учитывать и чередование культур в севообороте. Так, люцерна имеет более высокие водопотребление, удельные расходы (расходы на 1 м полива) и фактические поливные нормы, чем хлопчатник при поливе по бороздам. В связи с этим вводится коэффициент, равный 1,2—1,25, на который следует увеличить теоретические поливные нормы, чтобы получить расчетные. Последние служат для безошибочного установления максимальных расходов каналов и сооружений, подводящих воду к полю.

УЧАСТКИ ПОЛЕВОДЧЕСКИХ БРИГАД И РАСЧЕТНЫЙ РАСХОД УЧАСТКОВОГО ОРОСИТЕЛЯ

В хлопкосеющем хозяйстве участки полеводческих бригад должны быть единицей водопользования, чтобы можно было обеспечить ритмичность агротехнических работ (Лактаев, 1957). В вегетационный период воду на эти участки надо подавать постоянным током и поливать одновременно только одно поле, то есть не распылять ее по внутрибригадной сети. При поливе всех полей бригады необходимо соблюдать внутрибригадный водооборот. Расход, получаемый бригадой, зависит от водо-

проницаемости почв, уклонов и почвенно-гидрологических условий, которые учитываются гидромодулем, а также от площади.

Чем лучше водопроницаемость почв, меньше ее влагоемкость, больше число поливов и короче межполивные периоды, тем выше расчетный гидромодуль и выше темп обработок, то есть площадь бригадного участка с такими условиями должна быть меньше, чем участка со средними условиями.

Чем хуже водопроницаемость почв, больше ее влагоемкость, меньше число поливов и длиннее межполивные периоды, тем ниже расчетный гидромодуль и ниже темп обработок, то есть площадь бригадного участка с такими условиями должна быть больше, чем участка со средними условиями.

В хозяйствах предгорной зоны с мелкоконтурными полями неправильной конфигурации, с большими уклонами производительность машинно-тракторных агрегатов значительно снижается по сравнению с производительностью их в условиях малоуклонных долин. Поэтому площади бригадных участков в предгорной зоне должны быть меньше, чем на равнинах.

Таблица 33. Площадь участков полеводческих бригад в хлопкосеющих хозяйствах (числитель — га, знаменатель — % от средней площади в зоне III-B)

Зоны по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
	А	Б	В	Г	Д
I, более 0,02	130	145	160	170	180
	65	72	80	85	90
II, 0,02—0,0075	160	170	180	190	200
	80	85	90	95	100
III, 0,0075—0,0025	180	190	200	210	220
	90	95	100	105	110
IV, 0,0025—0,001	200	210	220	230	240
	100	105	110	115	120
V, менее 0,001	220	230	240	250	260
	110	115	120	125	130

Таблица 34. Расчет максимально возможной подачи воды
полеводческим бригадам

Индексы ареалов райониро- вания	Теорети- ческая поливная норма, м ³ /га	Типичный межполив- ной пе- риод, сут.	Теорети- ческий гидромо- дуль q , л/с·га	Возмож- ный гид- ромоуль в произ- водствен- ных усло- виях $1,25q$	Площадь участка полевод- ческой бригады, га	Макси- мальный расход, л/с
--	--	--	--	--	--	-------------------------------------

Ширина междурядий 0,6 м

I-A	1200	11	1,26	1,56	130	202
I-B	1120	13	0,94	1,17	145	181
I-B	1220	16	0,89	1,11	160	177
I-Г	1440	20	0,84	1,04	170	177
I-Д	2060	25	0,95	1,19	180	214
II-A	960	12	0,93	1,16	160	186
II-B	1090	14	0,90	1,13	170	192
II-B	1270	18	0,82	1,02	180	184
II-Г	1560	22	0,82	1,03	190	191
II-Д	1800	26	0,80	1,01	200	202
III-A	910	13	0,88	1,10	180	198
III-B	965	15	0,75	0,94	190	177
III-B	1200	19	0,74	0,92	200	184
III-Г	1500	23	0,76	0,94	210	198
III-Д	1600	27	0,69	0,86	220	199
IV-A	800	14	0,665	0,83	200	166
IV-B	1040	16	0,75	0,93	210	195
IV-B	1120	20	0,65	0,82	220	181
IV-Г	1300	24	0,63	0,79	230	181
IV-Д	1500	28	0,63	0,78	240	187
V-A	920	15	0,71	0,89	220	196
V-B	1050	18	0,67	0,84	230	193
V-B	1200	22	0,63	0,79	240	190
V-Г	1310	26	0,585	0,73	250	182
V-Д	1380	30	0,535	0,67	260	174

Ширина междурядий 0,9 м

III-B	1140	19	0,70	0,87	200	176
III-Г	1410	23	0,71	0,89	210	187
III-Д	1600	27	0,69	0,86	220	189
IV-B	930	16	0,67	0,83	210	174
IV-B	1200	20	0,695	0,87	220	194
IV-Г	1370	24	0,665	0,83	230	190
IV-Д	1440	28	0,60	0,75	240	180
V-B	1145	22	0,60	0,76	240	182
V-Г	1300	26	0,58	0,72	250	180
V-Д	1330	30	0,52	0,65	260	169

Обобщая рекомендации по площади участков полеводческих бригад в хлопкосеющих хозяйствах и опыт лучших бригад в совхозах Голодной степи, а также учитывая необходимость увеличения этой площади в перспективе, установили размеры участков бригад в зависимости от природных условий (табл. 33).

Результаты расчета максимально возможной подачи воды бригаде при максимальном гидромодуле и коэффициенте форсировки, равном 1,25, приведены в таблице 34.

Из анализа максимально возможных расходов, приведенных в таблице 34, видно, что расчетные расходы внутрибригадных водоводов всех типов (трубопроводы, железобетонные лотки, бетонированные каналы и др.) можно привести к единому стандартному расходу, равному 200 л/с. Это позволит облегчить проектирование, промышленное изготовление, монтаж водоводов и аппаратуры.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА

Существует пять основных технологических схем полива. Каждая из них может иметь много вариантов технических решений, включая элементы автоматизации или даже полную автоматизацию.

Продольная схема полива на наклонной плоскости. Схема изображена на рисунке 18. Длина участкового распределителя L может достигать 2—2,5 км. Она обуславливается в основном максимально допустимой вы-

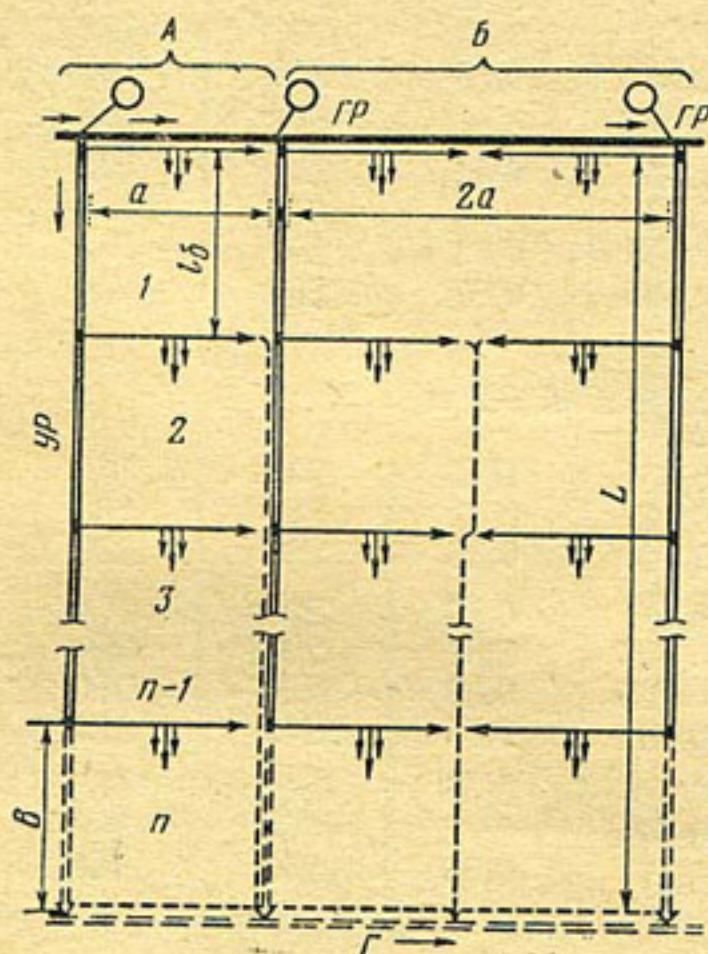


Рис. 18. Продольная схема полива на наклонной плоскости: А — вариант одностороннего командования; Б — вариант двухстороннего командования; ГР — групповой распределитель; УР — участковый распределитель; В — сбросная (промывная) часть УР; Г — коллектор; 1, 2, ..., $n-1$, n — поливные делянки.

тянутостью участка полеводческой бригады. Участковый распределитель должен обслуживать желателью одну полеводческую бригаду. Это условие надо соблюдать для всех схем полива.

Расстояние между водовыпуском из участкового распределителя определяется оптимальной длиной поливных борозд и равно частному от деления длины L на длину борозд l_b . Результат округляют до ближайшего целого числа. Расстояние между участковыми распределителями при одностороннем командовании зависит от следующего:

- стандартного расхода участкового распределителя;
- условий командования участкового распределителя над поверхностью поля, то есть от максимально возможного расхода его водовыпусков;

- принимаемого расхода воды в поливную борозду;
- число переключений (тактов) поливных устройств, распределяющих воду по бороздам.

Число переключений поливных устройств при одностороннем командовании может быть не более двух. Это ограничивает расстояние между участковыми распределителями и резко снижает возможность автоматизации полива. При двухстороннем командовании расстояние между ними может быть увеличено в два раза и тем самым значительно снижена удельная протяженность водоводов. Однако на равнинном рельефе с односторонним уклоном вдоль водоводов или поперек них возможно только одностороннее командование, так как проектирование двухстороннего командования потребовало бы неоправданно больших объемов планировочных работ. Условие выбора одностороннего или двухстороннего командования участковых распределителей необходимо соблюдать при проектировании всех схем.

Длина гона при любой обработке до первого полива может быть очень большой, а после первого полива она, как правило, ограничивается поливной делянкой, то есть длиной борозды. Это объясняется тем, что в совхозах после полива ок-арыки обычно не разравнивают и сохраняют их на весь сезон. Естественно, они мешают работе агрегатов. В колхозах (староорошаемая зона) ок-арыки разравнивают кетменем перед каждой культивацией и восстанавливают перед следующим поливом. Такие ок-арыки имеют небольшое поперечное сечение и соответственно небольшие расходы ($Q=15-20$ л/с).

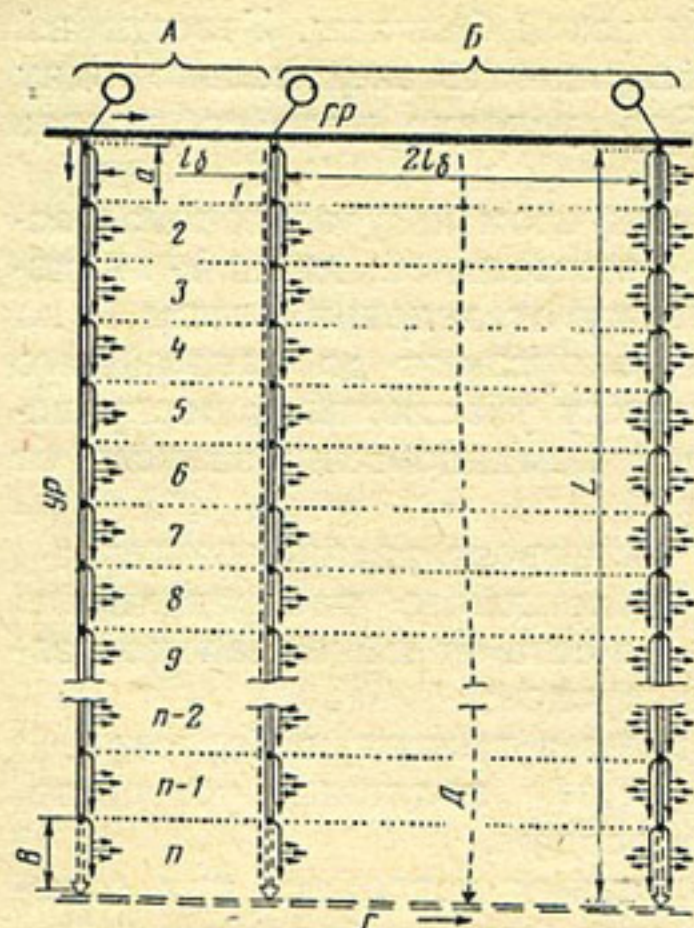


Рис. 19. Поперечная схема полива на наклонной плоскости: А — вариант одностороннего командования; Б — вариант двухстороннего командования; ГР — групповой распределитель; УР — участковый распределитель; В — сбросная (промывная) часть УР; Г — коллектор; Д — сбросная канава или дрена; 1, 2, ... n-1, n — поливные делянки; а — ширина делянки.

Опыт применения переносных поливных устройств (шлангов) показывает, что для механизированной сборки шлангов после полива в поле необходимо иметь незатапливаемые полосы. Это ограничивает длину гона при послеполивной культивации.

При поливе по относительно длинным бороздам (350—400 м и более) вместо ок-арыков и переносных поливных устройств (трубопроводов) целесообразно применять стационарные лотки с автоматическим распределением воды между бороздами.

Длина гона может быть очень большой при использовании закрытых (подземных) поливных устройств (предложение И. А. Шарова, Г. Ю. Шейнкина, И. Вырлева), если полив проводится одновременно по всем закрытым трубопроводам и почва поспевает одновременно.

Продольная схема незаменима какой-либо другой при повышенной водопроницаемости почвогрунтов и больших уклонах, когда длина поливной борозды не может быть более 250—300 м.

Поперечная схема полива на наклонной плоскости. Схема изображена на рисунке 19. Понятие поливного участка этой схемы не совпадает с понятием участка по продольной схеме. Площадь его не равна произведению Ll_6 или $L2l_6$. Вся площадь, подвешенная к участковому распределителю, включает в себя несколько переменных во времени поливных участков. Длина L этой площади, то есть участкового распределителя, не может быть более 2—2,5 км, а ширина массива равна нормированной длине поливной борозды. Одновременно поливаемый

участок включает в себя несколько полос или делянок.

Ширина полосы полива из водовыпусков на участковом распределителе равна частному от деления наиболее удобного (стандартного) расхода водовыпуска на нормированный расход борозды, умноженному на ширину междурядий. Стандартный расход водовыпуска определяется следующими условиями.

Во-первых, *a* должна быть не более 50 м, в крайнем случае 70 м. В этом случае легче обеспечить гидравлическую автоматизацию распределения воды между бороздами, так как еще соблюдается горизонтальный уровень у воды, обеспечивающий равенство напоров над всеми поливными отверстиями. Если сделать один впуск воды посередине поливного устройства или два по обоим концам его, то ширину поливной делянки можно увеличить до 100 м.

Во-вторых, через водовыпуск в поливное устройство не должен поступать чрезмерно большой расход, равный, например, половине расхода участкового распределителя ($200 : 2 = 100$ л/с). В противном случае необходимо увеличить командование участкового распределителя над полем, что вызывает лишние расходы на строительство и создает неудобства в эксплуатации.

Однако есть расчетные методы и конструкции поливных устройств с более длинным фронтом полива (до 250—300 м) и большим расходом (до 200 л/с).

К таким конструкциям относятся два типа поливных лотков. Первый тип предложен А. М. Кундузовым, Н. Г. Лактаевым и Л. Г. Щуровой *, второй — А. Г. Щуровой (1971). В этих устройствах поверхность воды в лотке уже не горизонтальна. В связи с этим положение центра выходных отверстий меняется эквидистантно поверхности воды в лотке. Для второго лотка линия его дна проектируется с таким расчетом, чтобы, несмотря на переменный расход, глубина и напоры над отверстиями вдоль лотка оставались постоянными. Это достигается тем, что уклон дна лотка меняется по длине.

Поперечная схема значительно легче поддается автоматизации, чем продольная. Для облегчения автоматизации и точного водораспределения при поперечной схеме с односторонним командованием рядом с участковым

* Авторское свидетельство № 355297, 1972 г.

распределителем лучше располагать стационарное, а не переносное поливное устройство для распределения воды между бороздами. При двухстороннем командовании по трассе участкового распределителя требуется уже не одно, а три стационарных устройства. Поэтому необходимо разработать конструкцию, которая позволяла бы одновременно распределять воду на две стороны и пропускать ее транзитом вниз. Возможно, потребуется дистанционное управление водовыпусками на основе гидравлической или пневматической автоматики. В настоящее время уже имеется ряд обнадеживающих предложений. В случае положительного решения задачи поперечную схему полива можно будет считать совершенной.

Условия работы тракторов определяются размером $l_{\text{бор}}$, которая должна быть более 350—400 м. Это обеспечивается, когда применяют широкие междурядья и увеличенные расходы в борозды, то есть на средних и малых уклонах вдоль поливных борозд. Уклон участкового распределителя в этом случае значения не имеет.

Область применения этой схемы была показана в таблице 32.

Продольная схема полива на горизонтальной плоскости. Условия, для которых рекомендуется полив на горизонтальной плоскости по делянкам (рассматриваемая схема и следующая за ней), характеризуются тяжелым мелиоративным состоянием земель, плоским или чащеобразным рельефом, затрудненным оттоком грунтовых вод и близким их залеганием к поверхности земли.

В некоторых случаях грунтовые воды перед освоением земель могут находиться глубоко, но в процессе освоения они обязательно поднимутся, несмотря на устройство дренажа.

Режим орошения как в период освоения, так и в процессе эксплуатации включает промывки большими нормами, создающими слабоминерализованный верхний слой грунтовых вод (пресную подушку) и пресную капиллярную кайму. В вегетационный период режим орошения может осуществляться относительно малыми оросительными, но большими поливными нормами при ограниченном числе поливов. Как при промывках, так и при вегетационных поливах важно равномерно распределять воду по полю. Это условие не соблюдается при бороздковом поливе с уклоном вдоль борозды. В этом случае необходима планировка под горизонтальную плос-

кость, которая позволит совместить поливы по затапливаемым бороздам с промывками.

Посевы должны быть широкорядными, с глубокими бороздами. Только на почвогрунтах с очень слабой водопроницаемостью междурядья могут быть по 0,6 м.

В результате больших расходов вода быстро доходит до каждой точки поля. Емкости в бороздах и подпоры позволяют быстрее вылить воду на поле. Большая часть оросительной воды аккумулируется в бороздах и впитывается в почву уже после прекращения подачи воды. Перечисленные особенности обуславливают лучшую равномерность увлажнения поля (лучшее качество полива) и ускоренное завершение полива (большую производительность), чем в предыдущих схемах.

В СССР такая схема полива впервые была внедрена в колхозе им. Калинина Ильялинского района Ташаузской области Туркменской ССР.

Теоретического метода расчета полива по затапливаемым бороздам относительно большой длины пока нет. Примерный расчет при проектировании заключается в том, чтобы отыскать оптимальную подачу воды на делянку (оптимальный расход в борозду) из условия недопущения накопления воды на поле выше определенной отметки, например отметки на 5—7 см ниже среднего уровня гребня борозд. Впитывание в стадии добегаания можно рассчитывать так же, как и в разделе «Теория бороздкового полива», а в последующую стадию затопления — графоаналитическим методом. Для первого полива хлопчатника, когда совершенно недопустимо затопление корневой шейки растений, а глубина борозд наименьшая, необходимо по отрезкам времени сопоставлять выливаемый расход (слой) с впитыванием воды и накоплением ее в бороздах, не допуская затопления гребней. Практически, чтобы избежать затопления гребней или большого сброса, рекомендуется снижать подачу воды на поле и расходы в борозду.

Продольная схема полива на горизонтальной плоскости изображена на рисунке 20. Плановое расположение оросительной сети, подводящей воду к полю, такое же, как в первой схеме. Особенностью является наличие: земляных валиков, ограждающих делянки; нижней распределительной борозды (нижнего ок-арыка); частых водовыпусков особой конструкции на участковом распределителе. Положительные качества схемы заключа-

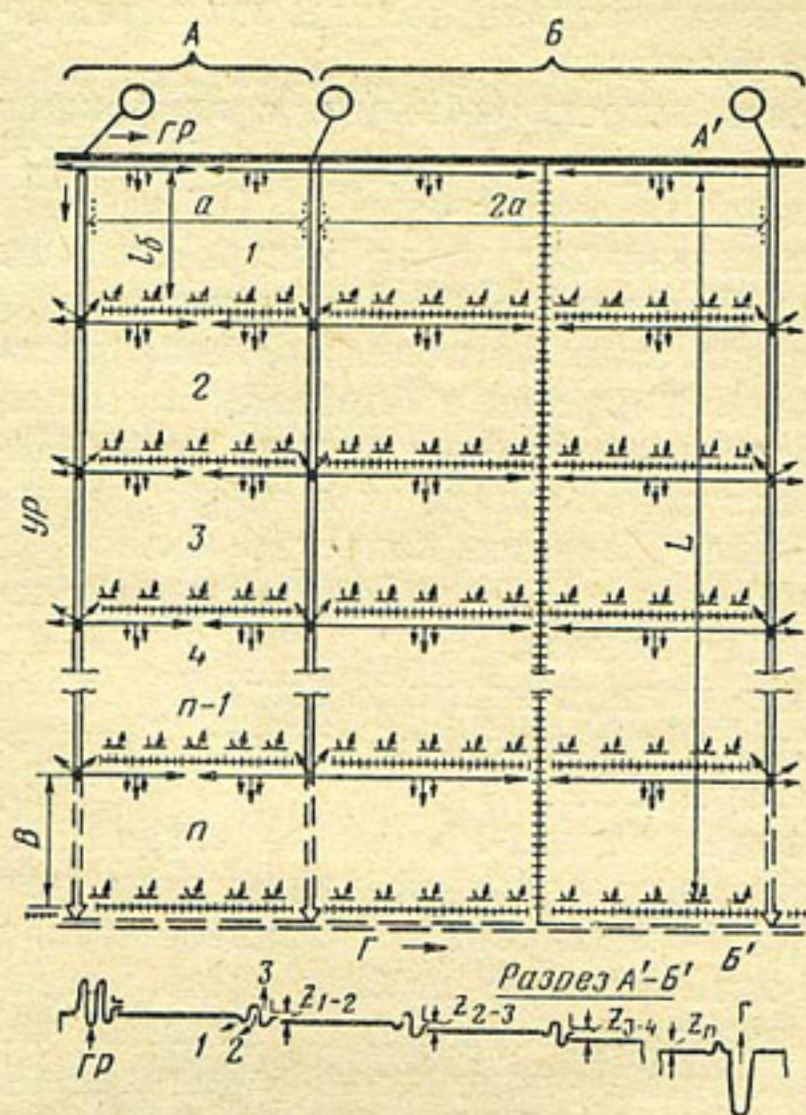


Рис. 20. Продольная схема полива на горизонтальной плоскости:

А — вариант полива из близко расположенных участковых распределителей (УР); Б — вариант полива из далеко расположенных УР; ГР — групповой распределитель; УР — участковый распределитель; В — сбросная (промывная) часть УР; Г — коллектор; 1 — нижняя распределительная борозда; 2 — валик, ограждающий делянки; 3 — поливное устройство, или верхняя распределительная борозда.

ются в том, что можно одновременно подавать воду из двух и даже из четырех углов (водовыпусков). Большие расходы повышают производительность труда. Кроме того, в этой схеме по сравнению с предыдущими лучше санитарно-гигиенические условия труда. Конструкция водовыпусков должна обеспечивать подачу воды как на вышерасположенную, так и на нижерасположенную делянку, а пропускная способность их должна быть в 2—2,5 раза больше, чем пропускная способность водовыпусков первой схемы.

Размер $l_{\text{бор}}$ в данной схеме определяется технико-экономическими возможностями, так как он зависит от затрат на планировку. Минимальная длина борозды по условиям эксплуатации тракторного парка составляет 400 м. Максимальная длина определяется нормативами. Ее можно принимать по рекомендациям к поперечной схеме (второй) для уклонов менее 0,001. Предельный объем планировочных работ равен 2500 м³/га. В Средней Азии этот предел можно увеличить, если усовершенствовать технологию и уменьшить стоимость планировочных ра-

бот, а также пренебречь некоторым снижением урожайности в первые 2—3 года после планировки.

Ширина поливной делянки a определяется расходом водовыпуска, равным половине стандартного расхода участкового распределителя, нормативным расходом в борозду и шириной междурядий. Ограничения величины L такие же, как и для предыдущих схем. Поскольку величина a всегда меньше величины $l_{\text{бор}}$, данную схему полива следует применять, когда уклоны вдоль участкового распределителя, то есть уклоны по направлению поливных борозд, меньше поперечного уклона. Схема легко поддается гидравлической автоматизации.

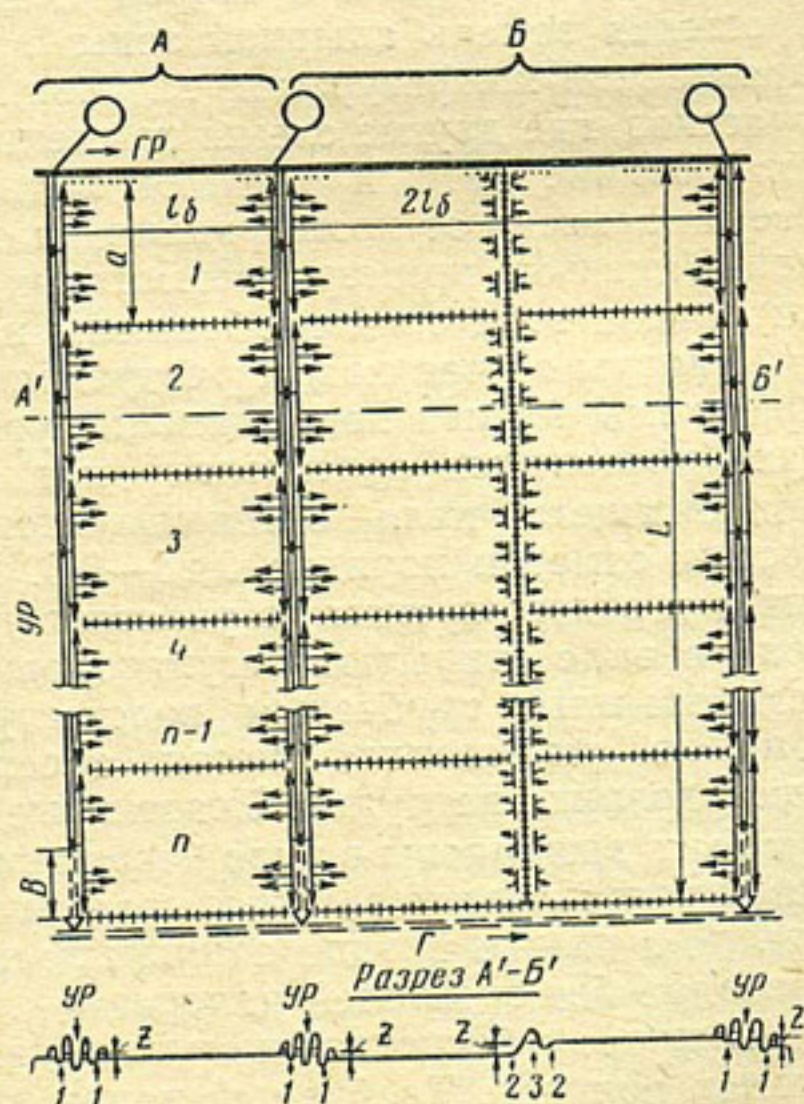
Условия работы тракторов по этой схеме удовлетворительные, так как минимальная длина делянок принимается равной 400 м.

Область применения третьей схемы полива ограничивается типовыми комбинациями условий под индексами: IV-B, IV-Г, IV-Д, V-A, V-B, V-Г и V-Д.

Поперечная схема полива на горизонтальной плоскости. Схема изображена на рисунке 21. Используют эту

Рис. 21. Поперечная схема полива на горизонтальной плоскости:

А — вариант двухстороннего полива из близко расположенных участковых распределителей; Б — вариант одностороннего полива из более разреженной сети участковых распределителей; ГР — групповой распределитель; УР — участковый распределитель; В — сбросная часть УР; Г — коллектор; 1 — поливное устройство, распределяющее воду по бороздам; 2 — нижняя распределительная борозда; 3 — валик, ограждающий делянки.



схему на мелиоративно-неблагополучных территориях с очень малыми уклонами. Принципиально она отличается от предыдущей только тем, что направление полива (борозд) перпендикулярно трассам участковых распределителей. Сосредоточение водораспределения на одной трассе облегчает автоматизацию и наблюдения за поливом, а также позволяет несколько упростить конструкцию и снизить затраты.

Эту схему лучше применять, когда уклон местности по направлениям участковых распределителей больше поперечного уклона, по которому нарезают борозды, поскольку длина l_b всегда больше величины a .

По этой же причине в рассматриваемой схеме участковые распределители расположены реже, чем в предыдущей, то есть она дешевле.

Условия работы машинно-тракторных агрегатов и область применения схемы такие же, как в предыдущей (третьей) схеме.

Комбинированная продольно-поперечная схема. Как следует из названия схемы, она включает элементы вышеописанных первой и второй схем и применяется для орошения земель адырной зоны и мелких участков неправильной конфигурации на равнинах, то есть трудных участков, где другие схемы применить невозможно. Проектирование сети и техники полива в таких условиях всегда зависит от квалификации и опыта проектировщиков. Типичные примеры возможных решений при проектировании этих схем изображены на рисунке 22.

Напоры в участковых распределителях. Для поперечной схемы полива командование уровня воды в водоводах (участковых оросителях) над поверхностью земли прилежащего поля обеспечивается минимальной разностью отметок порядка 0,25—0,5. Первая цифра относится к водовыпускам из участкового распределителя на поле в виде открытых регуляторов, вторая — к автоматизированным трубчатым водовыпускам. Таким образом, на указанных схемах обеспечить необходимое командование нетрудно. Участковые распределители могут быть выполнены в виде бетонированных каналов, железобетонных лотков, укладываемых непосредственно на землю, а также в виде закрытых самонапорных трубопроводов без гасителей напора.

Сложнее обеспечить командование при продольных схемах поливов. Требуемый напор в таких схемах зави-

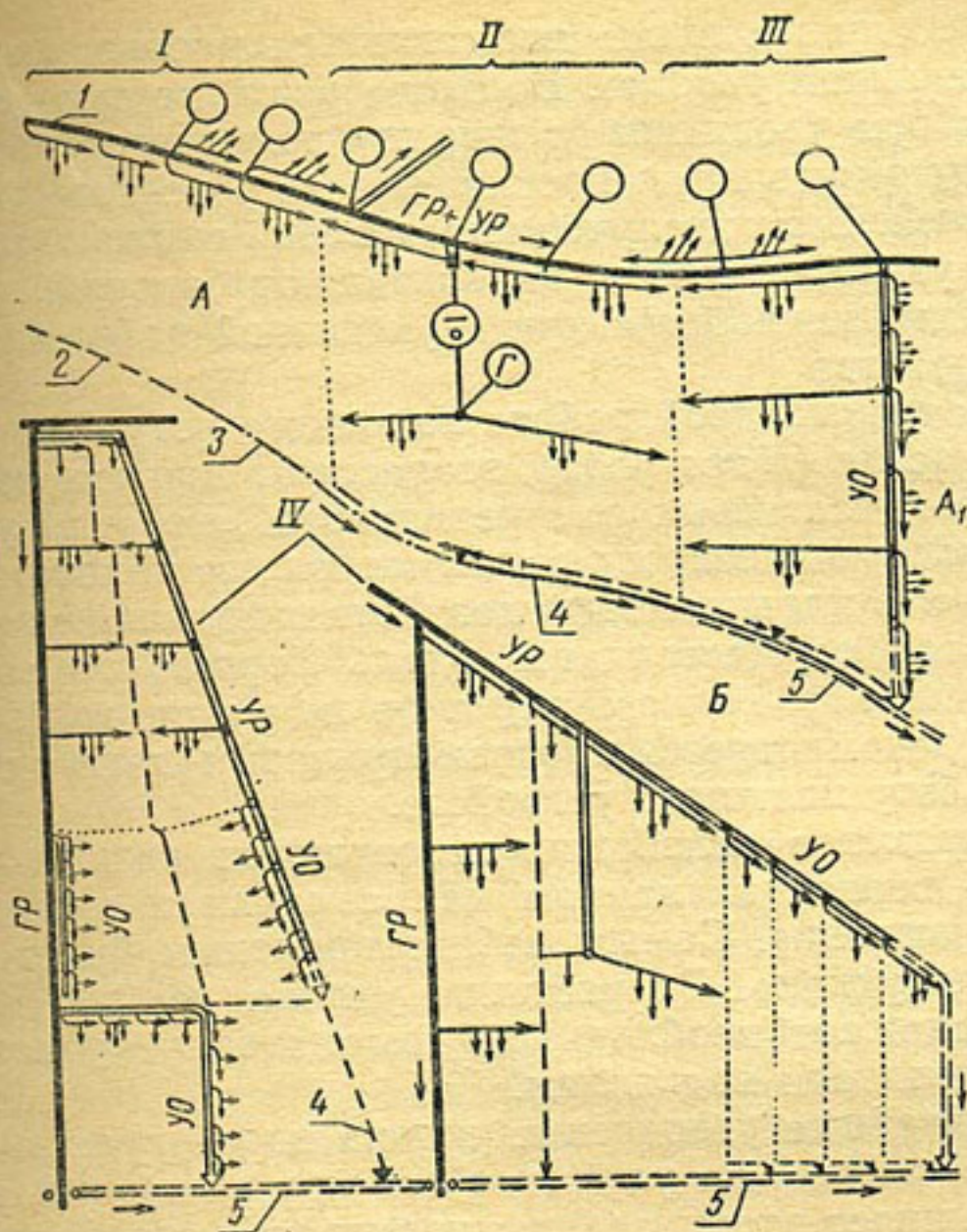


Рис. 22. Комбинированные поперечно-продольные схемы:

I, II и III — примеры комбинированных схем на коротких, средних и длинных склонах; IV — то же, на равнинах; А — поперечная схема; А₁ — элементы поперечной схемы; Б — продольные схемы; ГР и УР — групповой и участковый распределители; УО — участковый ороситель; 1 — водораздел; 2 — тальвег; 3 — сбросная канава; 4 — дрена; 5 — коллектор.

сит от стандартных расходов водовыпусков, от уклона поля в направлении, перпендикулярном к участковому распределителю, и от поливного устройства, применяемого для распределения воды между бороздами.

Стандартные расходы водовыпусков в разных условиях могут составлять 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ и $\frac{1}{16}$ часть стандартного расхода участкового распределителя, равного 200 л/с, что соответственно дает следующий ряд расчетных расходов водовыпусков: 200, 100, 67, 50, 25 и 12,5 л/с. Чем больше стандартный расход водовыпусков, тем больше должно быть командование участкового распределителя над полем. Расход водовыпуска определяется

при продольной схеме нормативным расходом в борозду и шириной участка. Большие расходы при двух тактах работы увеличивают ширину поливного участка, но сокращают удельную протяженность участковых распределителей. В этом случае значительно снижаются затраты на устройство сети, но возникают большие эксплуатационные неудобства при двухтактной работе поливного устройства.

При одноктактной работе поливного устройства сужается участок (в два раза), возрастают затраты на строительство участковых распределителей, но зато упрощаются условия внедрения автоматизации полива. Учитывая, что в хлопкосеющих хозяйствах подавляющее число обработок осуществляется вдоль борозд, то есть ширина участка большого значения не имеет, для этих хозяйств рекомендуется предусматривать только одноктактную работу поливных устройств.

В практике неизбежно встречаются разные уклоны поля в перпендикулярном направлении к участковому распределителю. Самым неблагоприятным будет случай нулевого уклона. Возрастание уклона до 0,0025 постепенно снижает необходимое командование участкового распределителя над полем.

Дальнейшее увеличение уклона вдоль трассы поливного устройства не улучшает его командование, а только осложняет эксплуатацию поливного устройства (трубопровода). Напоры в концевой части трубопровода начинают возрастать, ухудшая равномерность распределения воды. Полив из трубопроводов с нерегулируемыми отверстиями становится невозможным.

Необходимое командование зависит от материала и конструкций поливных трубопроводов. Чем больше сопротивление регулируемых водовыпусков в борозды (сложные водовыпуски), тем больше должен быть напор в голове трубопровода.

Результаты расчетов свидетельствуют о большом диапазоне необходимого командования в зависимости от конкретных условий. На основе этих расчетов участковые оросители рекомендуется делать в виде:

бетонированных каналов и железобетонных лотков, укладываемых на землю или земляную подушку (при необходимом напоре над полем до 0,7 м);

железобетонных лотков на опорах (при напоре от 0,7 до 1,25 м).

Предпочтение отдают первому варианту. Вторым вариантом приемлем для особых условий, когда поливать нужно только по коротким бороздам продольной схемой (поперечная схема невозможна). При больших уклонах вдоль участкового распределителя необходимое командование можно предусматривать не по всей трассе, а только в местах водовыпусков на поле (узел с перепадом).

Иногда в таких случаях целесообразнее применять закрытый водовод.

При напоре более 1,25 м полив осуществляют машинами типа ППА-165. В этом случае участковые оросители могут быть заглубленными и одновременно служить дренами, что вполне возможно и целесообразно для зоны малоуклонных и мелиоративно-неблагополучных земель в сочетании с поливами по третьей или четвертой схеме.

ПРИВЯЗКА СХЕМ ПОЛИВА

На основании приведенного выше описания возможных схем полива, их достоинств и недостатков в таблице 35 приведена привязка этих схем полива к типовым сочетаниям уклонов местности и водопроницаемости почвогрунтов по принятой в данной работе классификации.

Таблица 35. Привязка схем полива к типовым сочетаниям уклонов местности и водопроницаемости почвогрунтов

Уклоны	Индексы по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
		А	Б	В	Г	Д
Для междурядий 0,6 м						
Более 0,02	I	1+5	1+5	1+5	1+5	1+5
0,02—0,0075	II	1	1	1	1	1
0,0075—0,0025	III	1	1	1	2	2
0,0025—0,001	IV	1	1	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Менее 0,001	V	1	1	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Для междурядий 0,9 м						
0,006—0,0025	IIIa	—	—	2	2	2
0,0025—0,001	IV	—	2+3+4	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Менее 0,001	V	—	—	2+3+4	2+3+4	2+3+4

Примечание. Схемы поливов обозначены арабскими цифрами в той последовательности, в какой они перечислены выше по тексту.

Приведенные рекомендации нельзя принимать как абсолютно непреложные нормы проектирования. Природные условия очень разнообразны. В первую очередь имеется в виду рельеф и мезорельеф территории объекта, определяющие плановое положение внутрихозяйственной сети, а также наличие непереносимых элементов ситуации (дорог, поселков, границ, хозяйств, крупных коллекторов, ЛЭП и др.). На всей территории проектного хозяйства нельзя наметить такого расположения ирригационной сети, которое обеспечивало бы абсолютную реализацию в натуре вышеописанных схем полива. Упомянутые обстоятельства в большой мере обуславливают в конкретных условиях возможные длины участковых распределителей, длину и ширину поливных участков, длину поливных борозд. Поэтому при проектировании внутрихозяйственной сети задача состоит в том, чтобы наилучшим образом приблизиться к принципиальным схемам, а при проектировании технологии полива — к оптимальным сочетаниям элементов техники полива (l_0 , q , t_1 , t_2 и T) в зависимости от конкретных сочетаний уклонов и водопроницаемости почв в каждой части хозяйства.

На вновь осваиваемых землях широко будет применяться вторая (поперечная) схема полива с шириной междурядий 0,9 м.

Расчеты показали, что при поперечной схеме оптимальные длины борозд значительно повышаются по сравнению с продольными схемами в тех же условиях. Они даже превышают привычный предел (400 м), принимаемый в проектах по Голодной степи. Теория подсказывает, что при поперечных схемах можно значительно увеличить расстояния между участковыми распределителями, то есть уменьшить затраты. Однако надо учесть, что для автоматизации полива параллельно участковым распределителям должны располагаться поливные устройства в виде лотков с автоматическим водораспределением между бороздами. Поэтому при одностороннем командовании на трассе участкового распределителя будут расположены рядом два устройства, а при двухстороннем командовании даже три.

Участковый распределитель рекомендуется предусматривать в виде закрытых водоводов из армированных труб или бетонированных каналов с расходами 200 л/с и небольшим напором (0,3—0,4 м), а поливные устрой-

ва — в виде относительно коротких железобетонных лотков с расходами 25—50 л/с длиной, определяемой делением этих расходов на нормативный расход в борозду. Частное должно быть умножено на ширину междурядий. Лоток необходимо располагать рядом с бровкой бетонированного участкового распределителя.

Разрабатывая рекомендации по оптимальному сочетанию элементов техники полива для этой схемы, исходили из того, чтобы не поливать переменным расходом и одновременно не допускать сброса воды за пределы участка. Поэтому нормативная длина поливных борозд получилась весьма большой, и в ряде случаев ее нельзя будет выполнить из-за местных рельефных условий. В этом случае длину борозд можно несколько уменьшать, но одновременно надо сокращать и расход в борозду, иначе появится сброс с поля за пределы участка.

Сброс можно предотвратить, поливая переменным (уменьшающимся во времени) расходом. Можно также предусматривать перекачку воды из сбросов в близрасположенный оросительный канал для повторного использования. Эти приемы еще недостаточно изучены, требуют более высокой степени автоматизации полива или автоматизированных насосных станций. Рекомендуется осуществлять их в порядке экспериментального строительства.

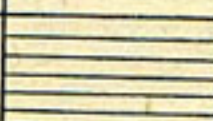
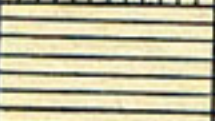
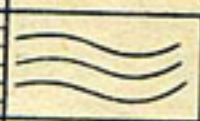
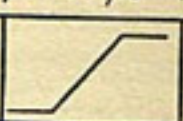
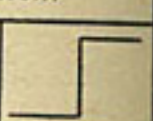
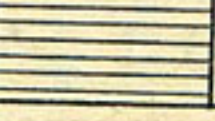
Для более точной оценки водопроницаемости почвогрунтов в стадии рабочего проектирования необходимо иметь почвенную карту масштаба 1 : 10 000 с описанием механического состава почв и подстилающих грунтов, с материалами опытов по наблюдениям за водопроницаемостью и параметрами к формуле впитывания. При определении параметров впитывания на богарных участках необходимо малую естественную влажность их почв предварительным поливом довести до 0,65—0,70 ППВ.

Необходимые для этого почвенные исследования должны быть включены в обязательный перечень мелиоративных исследований и выполняться своевременно до составления рабочих чертежей.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ

При проектировании орошения в условиях предгорий территорию следует районировать не только по уклонам и водопроницаемости почв, но и по сложности рельефа.

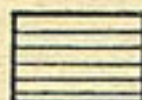
Таблица 36. Классификация земель предгорий по рельефам и уклонам и привязка отдельных видов поверхностного полива

Рельеф	Основная классификация	Дополнительная классификация			
		I-2. Зона средних предгорных склонов 0,05 - 0,1	I-3. Зона крутых склонов		
	I-1. Зона очень больших уклонов 0,025 - 0,05		подзона а 0,1 - 0,2	подзона б 0,2 - 0,3	подзона в более 0,3
Простой (слабоволнистый)			Таких уклонов на данном рельефе нет		
Средней сложности					
Сложный					

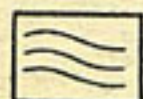
Примечания.



— Полив по бороздам по максимальному уклону; применяется обычная система сельскохозяйственных машин в хлопководстве;



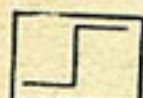
— Полив по бороздам с уположенным уклоном, близким к горизонталю; обычная система машин хлопководства;



— Полив по контурным бороздам; желательно внедрение специальной (горной) системы сельскохозяйственных машин;



— Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей; горная система сельскохозяйственных машин;



— Террасирование с устройством подпорных контрфорсных стенок; горная система сельскохозяйственных машин.

Для этой зоны предлагается следующая классификация рельефа:

слабоволнистый рельеф — местность расчленена относительно неглубокими тальвегами со спокойными покатостями;

рельеф средней сложности — местность расчленена тальвегами и водоразделами с сильно выраженным волнистым строением;

сложный рельеф — местность сильно расчленена оврагами или западинами с крутыми склонами; сильноволнистые покатые склоны относительно узких горных долин, а также сильноволнистые склоны с увалами и отдельными холмами (адырные рельефы).

Предлагается также более детальная градация уклонов для зоны I. Получаемая таксономическая схема с указанием дополнительных индексов изображена в таблице 36.

Опыт возделывания хлопчатника в предгорной зоне показывает, что его можно выращивать на рельефах с уклонами до 0,1 и даже несколько более, проводя полив по максимальным уклонам. Нормативы, приведенные в таблице 10, рассчитаны на максимально допустимый уклон 0,05. На основе опыта освоения адырных земель Ферганской долины составлены временные рекомендации по технике бороздкового полива для полей с уклонами от 0,05 до 0,1 (табл. 37).

Таблица 37. Временные рекомендации по технике бороздкового полива для полей с уклонами от 0,05 до 0,1

Длина поливных борозд, м	Расход в борозду, л/с	Время полива, ч			Теоретическая поливная норма, м ³ /га		Теоретический к. п. д. техники полива
		добегания	долива-ния	всего	брутто	нетто	

Почвы повышенной водопроницаемости (А, Б)

60 | 0,075 | 8 | 7,4 | 15,4 | 1150 | 750 | 0,65

Почвы средневодопроницаемые (В)

100 | 0,075 | 8 | 20,6 | 28,6 | 1290 | 900 | 0,70

Почвы пониженной водопроницаемости (Г, Д)

125 | 0,05 | 20 | 44 | 64 | 1540 | 1000 | 0,65

При освоении земель под хлопчатник с уклонами от 0,1 до 0,2 (такая тенденция имеется) борозды следует

направлять не по наибольшему уклону, а намечать их наискось к горизонталям. В этих случаях, учитывая направления борозд и получаемые уклоны, элементы техники полива для каждого поля назначают по рекомендациям таблицы 10, уменьшая длину борозд и расходы в них на 20—25%.

При возделывании винограда, плодовых культур и пропашных (за исключением хлопчатника) с междурядьями 0,9 м и более на участках с уклоном 0,1 и круче лучше перейти на контурную систему земледелия.

При дальнейшем увеличении крутизны следует переходить на террасирование с большим объемом земляных работ. Хотя микрорельеф предгорной зоны хороший, капитальные планировки все равно необходимы. Планировки с большими срезками и насыпками нужны для упорядочения территории, более удобного хозяйствования на ней, повышения коэффициента земельного использования.

Освоенные предгорья по климатическим условиям приближаются к курортным зонам, поэтому важно обеспечить высокоэффективное использование этих земель и охранять их от ирригационной и водной эрозии устройством террас. Конечно, на маломощных землях террасирование невозможно. Эти земли надо осваивать введением контурной системы земледелия.

Оросительная сеть в зоне предгорий должна быть закрытой. Понятие о стандартных расходах в 200 л/с к этой зоне не относится. Расчетные расходы трубопроводов в данной зоне зависят от площади водовода и составляют в среднем 50—70 л/с. Орошение на почвогрунтах А, Б, В (по баллам водопроницаемости) лучше проводить дождеванием из стационарных систем. Во избежание поверхностного стока на типичных и темных сероземных почвах в предгорьях следует осуществлять мелкокапельное дождевание с меньшей интенсивностью дождя по сравнению с нормативами для долин.

Однако опыт орошения в предгорьях свидетельствует, что в этой зоне также успешно применим и поверхностный способ. Аккуратный и тщательный полив небольшими струями — основное средство предотвращения ирригационной эрозии. Закрытая система с часто расставленными гидрантами и стационарные поливные трубопроводы и лотки намного облегчают проведение поверхностного полива в предгорьях.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ

Теоретические основы рациональной технологии полива были изложены выше. Однако этими положениями теоретический базис, необходимый для проектирования поливных устройств и конструирования машин, не исчерпывается. Особое значение в этом отношении имеет раздел гидравлики, изучающий закономерности движения переменной (вдоль потока) массы.

Основное требование к поливным устройствам заключается в том, чтобы они обеспечивали равномерное распределение воды между бороздами и полную автоматизацию этого процесса.

При автоматизации полива максимально допустимое отклонение от среднего (нормированного) расхода в борозде должно быть $\pm 10\%$, а среднеквадратичное отклонение — $\pm 5\%$.

В настоящее время эти отклонения при поливе по шлангам составляют от ± 15 до $\pm 30\%$ и считаются в хозяйствах допустимыми, так как при ручном регулировании они еще больше. Кроме того, регулирование с помощью оголовков борозд из дерна или бумажных салфеток требует времени значительно больше.

Равномерность распределения воды по фронту полива зависит от гидравлического режима поливных устройств. Можно различать следующие схемы устройств, автоматизирующих полив (рис. 23).

Схема 1. Открытый лоток с постоянным уклоном дна имеет отверстия или насадки одинаковых диаметров, расположенные параллельно свободной поверхности воды в лотке.

Схема 2. Открытый лоток имеет отверстия или насадки, расположенные на одной высоте от дна, которое устроено с переменным уклоном по длине для обеспечения $h = \text{const}$ вдоль потока.

Схема 3. Открытый лоток с постоянным положительным или нулевым уклоном дна имеет отверстия или насадки, расположенные на одном уровне относительно дна. Однако отверстия или насадки имеют различные ди-

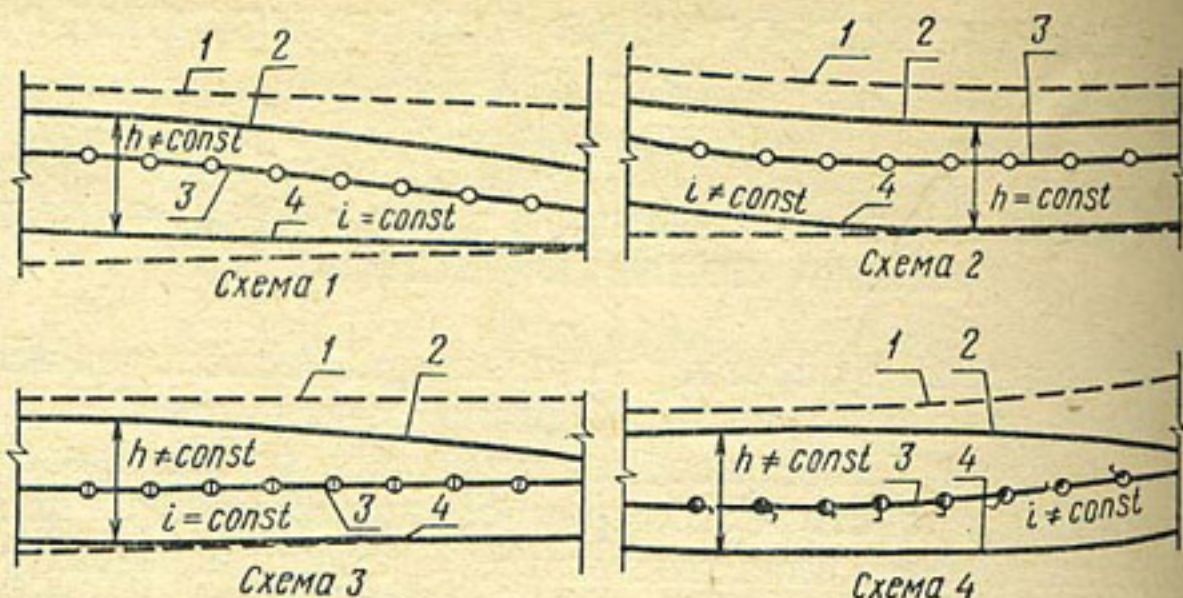


Рис. 23. Возможные схемы устройств, автоматизирующих полив (по гидравлическим режимам):

1 — бровка лотка; 2 — свободная поверхность воды; 3 — ось центра водовыпусков; 4 — дно лотка.

аметры или меняющиеся коэффициенты расходов за счет различных сопротивлений.

Схема 4. Открытый лоток с любым приемлемым для данного поля уклоном (постоянным, переменным) имеет водовыпуски-регуляторы, которые тарируют один раз на весь период эксплуатации, а регулируют каждый раз в начале полива.

Каждая из указанных схем может быть осуществлена в виде отдельного лотка с глухой перемычкой в конце или при благоприятных условиях (достаточных уклонах поля) в виде секций длинного каскадного лотка. Секции каскада отделяются небольшими перепадами с затворами. Уровень воды в каждой секции при пропуске воды в нижнюю секцию, то есть при транзитном режиме, должен находиться ниже водовыпусков в борозды.

Теоретические основы движения жидкости переменной массы наиболее подробно разработаны Г. А. Петровым.

Уравнение Г. А. Петрова, полученное им из условия непрерывной раздачи по длине водовода, имеет вид:

$$d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right) + dh + dz + i_F dx + \frac{\alpha_0 (v - \Theta) v}{g} \frac{dQ}{Q} = 0, \quad (37)$$

где α_0 — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скорости по живому сечению; v — средняя скорость; h — глубина; z — отметка дна; i_F — уклон сил трения,

$$i_F = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R};$$

ω — площадь живого сечения; R — гидравлический радиус; C — коэффициент Шези; Θ — проекция скорости отделяющегося расхода на направлении скорости основного потока; Q — расход потока.

По рекомендации Г. А. Петрова α_0 принимается равным 1,035; угол отделения массы (расхода) по отношению к основному потоку обычно составляет 90° , поэтому $\Theta=0$, а последний член левой части уравнения (37) при этом условии записывается в виде:

$$\frac{\alpha_0(v-\Theta)v}{g} \cdot \frac{dQ}{Q} = \frac{\alpha_0 v}{g\omega} dQ. \quad (38)$$

Уравнение (37) без дополнительных математических связей между входящими в него параметрами (неизвестными) не решается. При проектировании его решают приближенным интегрированием, ведя расчет от сечения к сечению, расположенных на достаточно близком расстоянии Δx одно от другого.

Для проектирования используется следующее расчетное уравнение:

$$\Delta h = \frac{Q_{cp}^2 \Delta x}{\omega_{cp}^2 C_{cp}^2 R_{cp}} + \frac{\alpha_0(v_2^2 - v_1^2)}{2g} - \Delta z + \frac{\alpha_0(Q_2^2 - Q_1^2)}{2g\omega_{cp}^2}, \quad (39)$$

где Δh — разность глубин в расчетных сечениях, или разность напоров (для трубопроводов); Δx — длина отрезков между расчетными сечениями; Δz — разность отметок дна, которая при постоянном уклоне дна равна $\Delta z = i\Delta x$; остальные обозначения прежние.

Точность гидравлического расчета по формуле (39) зависит от числа (длины) расчетных отрезков Δx . По этой формуле можно рассчитывать лотки для всех четырех вышеперечисленных схем. В то же время для схемы 2 уравнение (37) легко интегрируется, то есть получается простая расчетная формула $z=f(x)$.

Исходная расчетная схема показана на рисунке 24. Запас удельной энергии в сечении 1—1 (нижнем), соответствующий уровню $\mathcal{E}_{1-1}$, равен

$$\mathcal{E}_1 = z_1 + h_1 + \frac{v^2}{2g}.$$

Чтобы получить задаваемый режим потока, то есть определить необходимое превышение дна dz в сечении 2—2 (верхнем), необходимо уровень $\mathcal{E}_{1-1}$ довести до уровня $\mathcal{E}_{2-2}$, то есть прибавить:

энергию на возрастание скоростного напора

$$d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right);$$

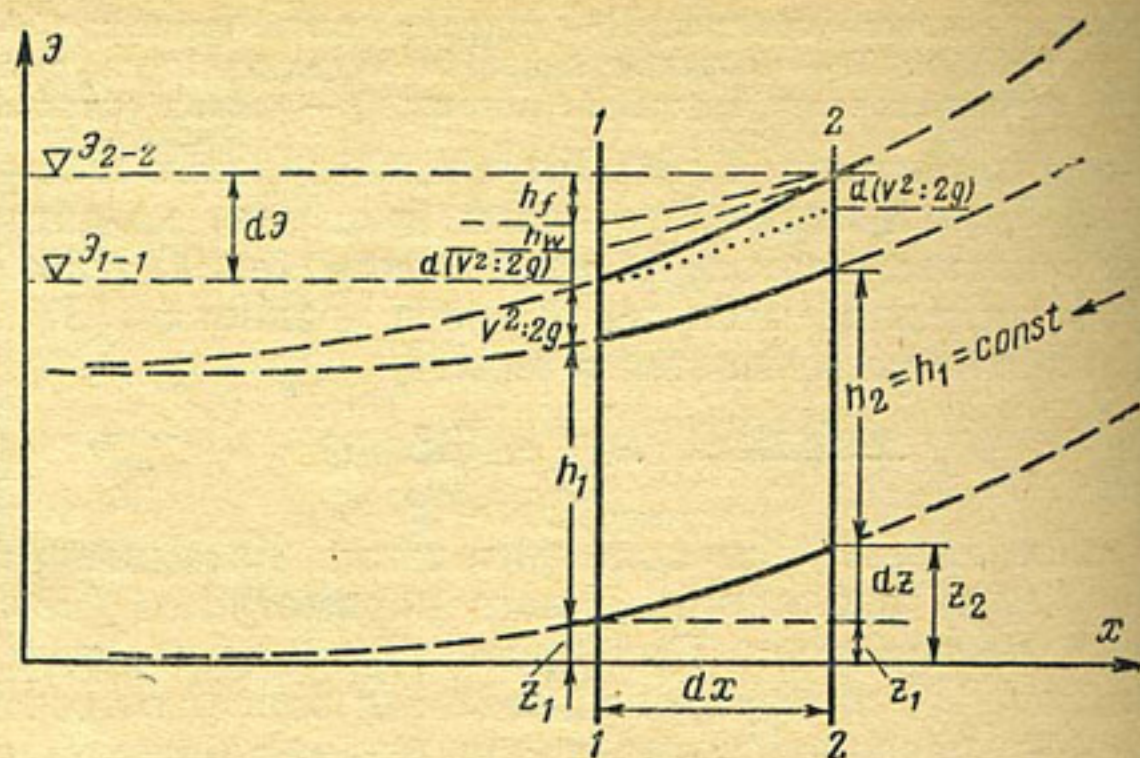


Рис. 24. Схема к выводу расчетной формулы (41) и (42).

потери энергии на отделение массы h_w , причем, согласно уравнению (38), при $\Theta=0$

$$h_w = \frac{\alpha_0 v}{g\omega} dQ;$$

потери энергии на трение

$$h_F = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} dx.$$

Тогда, согласно уравнению Бернулли, с корректирующим членом h_w , предлагаемым Г. А. Петровым, который приводит ординаты чертежа в сечениях к единому масштабу, можно записать:

$$z_1 + h_1 + \frac{\alpha_0 v_1^2}{2g} + d \left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g} \right) + \frac{\alpha_0 v}{g\omega} dQ + \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} dx = z + dz + h_1 + \frac{\alpha_0 v^2}{2g} + d \left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g} \right).$$

После сокращений и переносов уравнение упрощается

$$dz = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} dx + \frac{\alpha_0 v}{g\omega} dQ. \quad (40)$$

Для нашего частного случая, то есть для расчета гидравлического режима по схеме 2: $h = \text{const}$, $\omega = \text{const}$,

$$Q = qx, \quad dq = qdx, \quad v = \frac{Q}{\omega} = \frac{qx}{\omega}, \quad \frac{v dQ}{g\omega} = \frac{q^2 x}{g\omega^2} dx,$$

$$dz = \frac{q^2}{\omega^2 C^2 R} x^2 dx + \frac{a_0 q^2}{g\omega^2} x dx.$$

После интегрирования

$$z = \frac{q^2}{3\omega^2 C^2 R} x^3 + \frac{a_0 q^2}{2g\omega^2} x^2 + C', \quad (41)$$

так как при $x=0$, $z_0=0$, $C'=0$ (постоянная интегрирования).

Полученное уравнение $z=f(x)$ не является уравнением линии удельной энергии $\mathcal{E}=f(x)$ для неравномерного режима при постоянном расходе

$$\mathcal{E}(x) = z(x) + \frac{v_x^2}{2g} + h(x). \quad (42)$$

С учетом формулы (41) уравнение $\mathcal{E}(x)$ для лотка автоматического полива при $h = \text{const}$ имеет вид:

$$\mathcal{E}(x) = \frac{q^2}{3\omega^2 C^2 R} x^3 + \frac{a_0 q^2}{2g\omega^2} x^2 + h. \quad (43)$$

В знаменателе второго члена правой части отсутствует двойка, что указывает на дополнительные затраты энергии на отделение расхода (массы) по пути.

Уравнение (41) имеет существенный недостаток. Поскольку для заданного гидравлического режима наполнение лотка и гидравлический радиус постоянны вдоль потока, то и коэффициент Шези C , зависящий от R и n , считается постоянным. Однако известно, что коэффициент C зависит также и от числа Рейнольдса (Re), то есть скорости и кинематической вязкости. Если вязкость можно считать постоянной, то скорость в лотках существенно меняется вдоль пути, то есть коэффициент C является функцией x .

Для расчета лотков, монтируемых из параболических железобетонных секций промышленного изготовления,

$$C = f(Re) = f(v) = f\left(\frac{q}{\omega} x\right)$$

рекомендуется определять, основываясь на эмпирическом соотношении ЮжНИИГиМ, полученным в результате полевых гидравлических исследований подобных лотков:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda(1,74 - 0,63\text{Re} \cdot 10^{-6})}} = 8,39 \lg[0,19\text{Re} \sqrt{\lambda(1,74 - 0,63\text{Re} \cdot 10^{-6})}] - 30,63. \quad (44)$$

Для наших расчетов сложное соотношение ЮжНИИГиМ (44) с точностью $\pm 3\%$ можно заменить более простой для интегрирования зависимостью:

$$\lambda = \frac{0,0035}{v^{1,5}} + 0,019. \quad (45)$$

Так как

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}, \text{ а } \frac{1}{C^2} = \frac{\lambda}{8g},$$

то получаем

$$\frac{1}{C^2} = \frac{0,0000446}{v^{1,5}} + 0,000245.$$

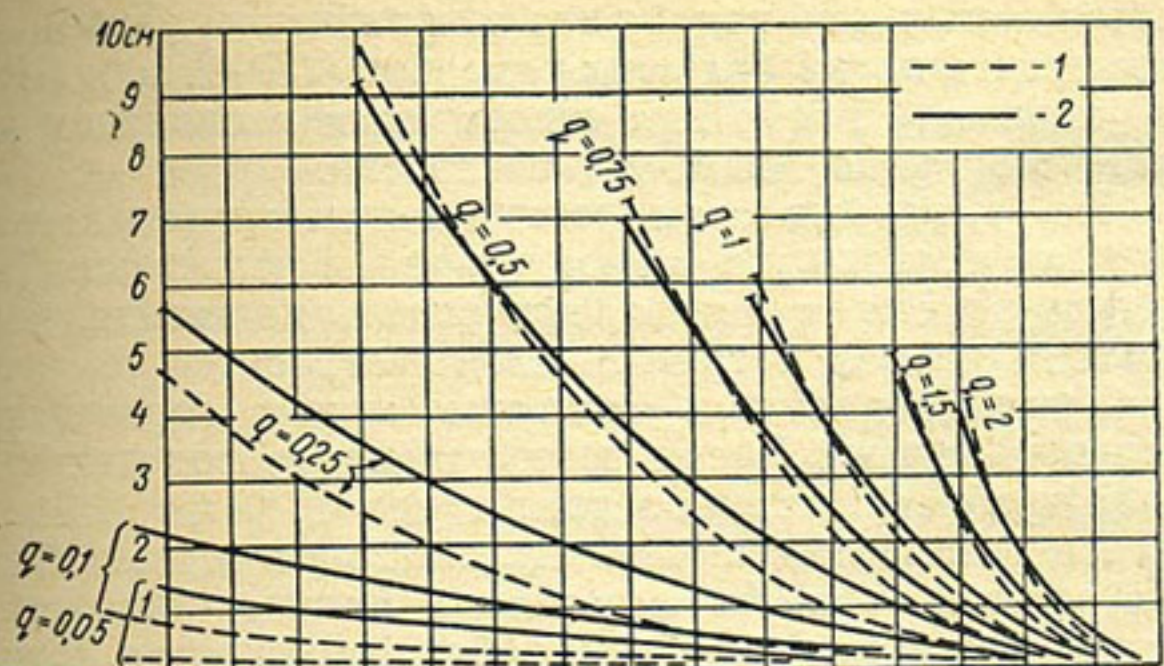
Расчетная формула (41) заменяется более точной с учетом изменения коэффициента C вдоль потока:

$$z = \frac{\alpha q^2}{2g\omega^2} x^2 + \frac{0,0000297 q^{1/2}}{^{1/2}R} x^{3/2} + \frac{0,0000807 q^2}{\omega^2 R} x^3. \quad (46)$$

На рисунке 25 показаны продольные профили дна лотка автоматического полива, смонтированного из лотков ЛР-60 при наполнении $h=0,5$ м.

Получаемые профили дна существенно различны по характеру начертания и отметкам. Особенно велики различия для лотков с малыми расходами. Формула (46) точнее учитывает гидравлику потока с переменным расходом. Для коротких лотков, вернее для лотков с головным расходом менее 100 л/с, то есть при относительно малых расходах и скоростях, потери по пути не превышают 1—2 см. Устанавливается почти горизонтальная свободная поверхность. Поэтому такие лотки можно не рассчитывать, а назначать поперечное сечение в начале лотка конструктивно из условия $v_0 \leq 0,3$ м/с. Короткие лотки применимы для поперечных схем полива (второй и четвертой).

Точность гидравлических расчетов зависит от надежности исходных параметров (коэффициентов λ или n , коэффициента расхода водовыпусков μ). Поэтому перед



Расстояние, м		300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0
Расходы в борозду, л/с	2,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,6	1,7	0,4	0
	1,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	1,1	0,3	0
	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5,8	3,8	2,4	1,3	0,6	0,2	0
	0,75	—	—	—	—	—	—	—	6,0	5,2	3,7	2,5	1,6	0,9	0,4	0,1	0
	0,5	—	—	9,1	7,4	6,0	4,8	3,7	2,8	2,1	1,4	0,9	0,5	0,3	0,1	0	0
	0,25	5,7	4,0	4,2	3,6	3,0	2,4	1,6	1,3	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0	0	0
	0,1	2,5	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2	0	0	0	0
	0,05	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0
Условные отметки дна (за нуль принята отметка дна в конце лотка), см		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Рис. 25. Продольные профили дна лотков автоматического полива при разных расходах в борозды:

1 — рассчитаны по формуле (41) при $C = \text{const} = 46,9$ (по Агроскину) и $n = 0,017$,
2 — рассчитаны по формуле (46) при $C = 15$ (в конце лотка) и $C = 56$ (в начале лотка).

массовым внедрением важно провести в достаточном объеме гидравлические исследования на экспериментальных лотках. Кроме точности расчета, то есть наличия надежных λ , n и μ , необходимо соблюдать высокую точность выполнения проектных отметок при монтаже лотка на трассе.

Несколько выше требования будут к лоткам, которые одновременно подают воду на полив и пропускают ее транзитом в нижележащие секции этого же лотка. Когда поднята концевая перемычка и на пороге перепада устанавливается критическая глубина, уровень воды в лотке должен быть ниже водовыпусков в борозду. Чтобы

обеспечить такое положение в транзитном режиме, надо применять лотки больших размеров (ЛР-80 или ЛР-100) и уменьшать напор над отверстиями в поливном режиме, увеличивая диаметры отверстий.

Из указанных схем лотков автоматического полива лучшую технологию имеют вторая и четвертая. Секции лотков этих схем можно изготавливать на заводе. К недостаткам первой и третьей схемы относится то, что при транспортировании и монтаже можно перепутать отдельные секции. Кроме того, установка водовыпусков в поле требует больших затрат труда.

По эксплуатационным достоинствам первые три схемы равнозначны. Автоматизация полива четвертой схемы достигается только при разовой тарировке лотка перед пуском в эксплуатацию.

Стационарные поливные трубопроводы (подземные и наземные) лучше всего проектировать по второй схеме, если это позволяет уклон поля.

Переносные поливные трубопроводы (полужесткие и гибкие шланги) обычно работают по четвертой схеме. Такие поливные трубопроводы нельзя считать средством полной автоматизации или механизации полива. Поливальщик тратит время на регулировку воды по бороздам и практически не достигает желательной равномерности распределения воды между бороздами. Погрешность должна составлять $\pm 10\%$ среднего расхода. В производственных условиях отклонения обычно равны 30—40%. Работу поливальщика облегчает наличие водовыпусков-регуляторов.

ЛОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА

Эти устройства могут идеально автоматизировать полив в условиях, где возможны достаточно длинные борозды.

Вопросами гидравлической автоматики водораспределения между бороздами занимались Южгипроводхоз, ЮжНИИГиМ, Институт автоматики АН КиргССР, САИМЭ, ВНИИКАМ и др.

Хорошие результаты в теоретической разработке и в практическом применении способов автоматизации полива с помощью лотков получила Л. Г. Щурова. Она в 1967 г. в лаборатории орошения САИМЭ провела исследования гидравлики переменной массы с вариантами по

расходам и уклонам на модели лотка параболического сечения длиной 16 м (масштаб 1:10).

На хлопковых полях САИМЭ было построено четыре лотка для гидравлических исследований при поливе 32 гектаров хлопчатника.

Результаты трехлетних полевых гидравлических и других исследований позволили сделать следующие выводы:

предложенные и исследованные конструкции поливных лотков обеспечивают хорошую равномерность водораспределения по бороздам, отклонения от среднего расхода составляют $\pm 10\%$;

допустимые отклонения от равномерного водораспределения сохраняются и при изменении головного расхода в пределах 0,65—1,5 от расчетного;

равномерное распределение воды из лотков по полю обеспечивает лучшее качество полива и снижение поливных норм на 10—12% по сравнению с поливами вручную на соседних контрольных полях;

поливные лотки позволяют значительно облегчить труд поливальщика, сократить затраты труда на полив и повысить производительность труда в 3 раза за счет увеличения рабочего расхода, которым оперирует поливальщик;

общий экономический эффект от замены временной оросительной сети поливными лотками составляет 54 руб/га в год, затраты полностью окупаются за 4,5 года эксплуатации;

лотки целесообразно устраивать на расход 200 л/с; диаметры водовыпусков должны быть 0,02—0,05 м, при меньших диаметрах увеличивается засоряемость водовыпусков; длина насадок водовыпусков допускается не более пяти диаметров; отметки водовыпусков не должны превышать уровня поля более чем на 30 см из условий неразмываемости оголовков борозд;

поливные лотки целесообразно применять на почвах средней и пониженной водопроницаемости, позволяющей проводить полив по достаточно длинным бороздам (не менее 300—400 м). Наиболее благоприятными для работы поливных лотков являются уклоны 0,001—0,003 и наиболее приемлемыми будут поперечные схемы полива.

Поливные лотки, особенно каскадного типа, можно применять не только на равнинах, но и на всхолмленных рельефах. Б. Ф. Камбаров в 1966 г. на косогорном поле

НИСТО САНИИРИ построил лоток длиной 70 м для деления воды на 116 борозд. Уклон земли по трассе равен 0,015, лоток же поставлен горизонтально и сопрягается с оголовками поливных борозд при разности отметок от 5 (в начале) до 100 см (в конце) короткими наклонными плоскостями, закрепленными от размыва. Поливные отверстия расположены близко к урезу воды, чтобы при транзитном режиме вода не изливалась через них.

Лоток сооружен из железобетонных секций. Расчеты, в которых была использована формула Г. А. Петрова, показали, что при такой ограниченной длине существенного уклона свободной поверхности не будет. Разность отметок составляет всего 6—7 мм, поэтому-то лоток был поставлен горизонтально. Точность монтажа трубок-насадок по вертикали равна ± 3 мм. Это позволило добиться почти равномерной раздачи воды (отклонения $\pm 5\%$).

Лабораторией строительных материалов и деталей САНИИРИ предложены поливные лотки треугольного поперечного сечения с облицовкой из тонкостенных бетонных плит-пакетов. При изготовлении на заводе в такой бетонной плите через каждые 60 см оставляют отверстия, в которые при монтаже вставляют специальные вкладыши с рабочим отверстием для выпуска воды. В процессе монтажа можно менять высотное положение вкладыша. Гидравлические и эксплуатационные испытания таких лотков еще не проводились. В случае их приемлемости они будут дешевле стандартных параболических лотков.

Детали конструкций и материалы лотков автоматизированного полива могут быть разными. Небольшая стоимость и стандартизация будут способствовать успешному внедрению. Подобные устройства были в колхозах уже 15 лет назад. Поливными лотками служили земляные канавы, а водовыпусками — жестяные поливные трубки, заложенные в дамбочках.

Недостаток данных лотков автоматического полива заключается в том, что невозможно менять расходы в бороздах и в начале лотка более чем в 1,5 раза без нарушения гидравлического режима, от которого зависит равномерность распределения. А в производстве такая необходимость может возникать. Так, в первый год освоения и в последующие годы полив люцерны и хлопчатника требует разных расходов. Для полива люцерны

можно дополнительно к стандартным водовыпускам устраивать более крупные водовыпуски-люки. Полив сниженными расходами или переменными расходами можно вести с помощью кольцевых вставок в отверстиях.

Несмотря на этот недостаток, можно предположить, что лотки автоматического полива найдут широкое применение как в долинах, так и в предгорьях. Даже при продольных схемах полива, если эти устройства использовать только на верхней половине или на третьей части участка, то задача автоматизации полива на этом поле будет уже решена на 50 или 30%.

СТАЦИОНАРНЫЕ (ЗАКРЫТЫЕ) ТРУБОПРОВОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА

Закрытые поливные трубопроводы требуют большего напора (более 3,5—4 м), чем лотки автоматизированного полива. Поэтому подводящая сеть к полям должна быть также из закрытых водоводов (трубы под землей).

Как правило, до хозяйства и внутри хозяйства до распределителей с расходами 150—200 л/с вода транспортируется открытыми бетонированными каналами, лотками или каналами с другими антифильтрационными покрытиями. Участковые распределители желательно постепенно заменять трубами. Такие системы в отличие от закрытых систем с машинным водоподъемом от насосных станций иногда называют самонапорными закрытыми системами.

Самонапорные системы применимы на уклонах от 0,0025 и более. В первую очередь их строят там, где большие уклоны и сложные рельефы (см. табл. 1). На уклонах менее 0,0025 стоимость трубопроводов резко возрастает, потому что увеличиваются их диаметры (до 0,5 м) или возрастает их удельная протяженность.

Проектирование, строительство и эксплуатация распределительных трубопроводов хорошо известны. Основные вопросы возникают при работе с поливными трубопроводами, которые при продольной схеме полива должны автоматически и равномерно распределять воду не с краю, а в середине поля и одновременно не мешать движению машинно-тракторных агрегатов.

Для пропашных культур поливной закрытый трубопровод должен иметь отверстия, расположенные в соот-

ветствии с шириной междурядий, а для других культур отверстия заменяют часто расставленными гидрантами (водовыпусками), в зависимости от конкретных требований.

Закрытые распределительные трубопроводы в предгорной зоне Средней Азии получили достаточно широкое распространение, а закрытые поливные трубопроводы применяют пока только экспериментальные. Опыты начаты относительно недавно. Уже выявлены существенные преимущества закрытых поливных трубопроводов по сравнению не только с обычным поливом, но и с поливом гибкими шлангами. Однако недостаточно изучены многолетние эксплуатационные показатели и надежность работы поливных трубопроводов.

Система, предложенная МГМИ (И. А. Шаров, Г. Ю. Шейнкин и др.), komponуется по продольной схеме. Участковые распределители выполнены в виде транспортирующих подземных трубопроводов диаметром 25—35 см. От попадания в систему излишних наносов и мелкого мусора в голове системы необходимы отстойники и сороулавливающие решетки. От транспортирующего трубопровода с помощью задвижек «Лудло» под углом 90° отходят стационарные закрытые поливные трубопроводы, которые укладывают в землю на глубину 25—30 см. Испытания были проведены на трубопроводах длиной 250—400 м, с переменным диаметром по длине. В конце устроена дроссельная задвижка-промывник для очистки трубопровода после каждого полива от наносов и сброса пульпы в специальную канаву.

По длине трубопровода через 60 см просверлены отверстия с переменным диаметром. Наибольший диаметр в конце трубопровода должен быть не более 4 мм. Напор в голове трубопровода превышает 4 м, а по длине трубопровода меняется в зависимости от рельефа и потерь на трение. Над отверстиями устроен обратный фильтр, как правило, из мелкогравийной отсыпки.

Благодаря напору вода из трубы через отверстия преодолевает фильтр и слой грунта в 20—25 см и в виде родников поступает в борозды, образуя маленькие воронки размыва.

Система приспособлена к условиям полива, требующим небольшие нормативные расходы в борозду и относительно короткие борозды.

Достоинства системы:

равномерность водораспределения лучше, чем при ручном поливе и поливе по шлангам;

очистка трубопроводов от наносов проще;

производительность труда на поливе увеличивается в 2—3 раза;

производительность механизмов на обработках посевов повышается на 15—20%;

к. з. н. увеличивается на 4—5%.

Недостатки системы:

воронки, образованные во время полива, иногда сливаются и нарушается правильное водораспределение; кроме того, после полива воронки мешают движению машинно-тракторных агрегатов;

отверстия засоряются изнутри и снаружи, поэтому необходим постоянный надзор в процессе полива и ручная прочистка отверстий;

не решен вопрос полива люцерны, требующего больших удельных расходов, чем полив хлопчатника.

Исследованиями Таджикской экспедиции НИС МГМИ было установлено, что такие системы повышают урожайность хлопчатника на 10—15%. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 2—3 года.

Система, предложенная Л. А. Валентини, Р. М. Авербух и И. В. Вырлевым, в отличие от вышеописанной конструкции поливного трубопровода имеет не отверстия, а штуцера, на которые надевают короткие отрезки гибких полиэтиленовых трубок. Это делают перед первым поливом при пробном пуске воды в закрытый трубопровод. Рабочий рукой продавливают насыщенный водой слой засыпки, нащупывает штуцер и надевает на него конец гофрированного шланга, ось которого совмещают с осью ряда. Наружный конец шланга имеет два отростка (двойник), через которые вода подается в две соседние борозды.

Шланги на установленных местах сохраняют до осени, так как они не препятствуют междурядным обработкам, а затем убирают, чтобы не мешать пахоте.

Гидравлический режим этой конструкции более устойчив, поэтому эксплуатация ее надежнее.

Самонапорные закрытые системы с выводом воды на поверхность через постоянные водовыпуски являются наиболее рациональными системами для полива многолетних рядовых культур (плодовые, виноград и другие) по бороздам.

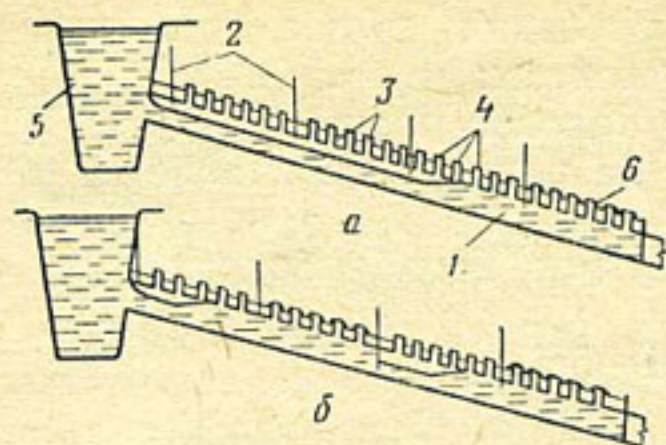


Рис. 26. Схема устройства и работы распределительно-поливного трубопровода:

а — распределение воды в борозды при закрытии одной из задвижек; б — распределение воды в борозды через две группы поливных отверстий одновременно; 1 — распределительно-поливной трубопровод; 2 — перегораживающие задвижки; 3 — поливные отверстия; 4 — патрубки над отверстиями; 5 — канал или лоток; 6 — излив воды из патрубков.

Кроме того, их можно применять для полива по полосам и по затапливаемым бороздам, подавая воду в группу борозд. В этом случае на поливном закрытом трубопроводе через 2—3 м по осям рядов растений устраивают водовыпуски. Для полива по полосам расстояние между водовыпусками может быть увеличено до 8—10 м, но рабочие расходы водовыпусков будут достаточно большими, поэтому потребуются специальные устройства для гашения напора и защита от размыва мест излива.

Самонапорные закрытые системы при наличии необходимого количества труб могут быть осуществлены как для продольных, так и для поперечных схем полива любых модификаций.

Из рассматриваемого типа систем с точки зрения автоматизации полива особый интерес представляет система МГМИ (Сурин, 1974), схема которой изображена на рисунке 26.

Заложенная в землю труба имеет задвижки, разделяющие ее на бьефы (участки одновременного полива) и отверстия-насадки для выпуска воды немного выше поверхности земли в междурядья виноградника, сада или пропашных культур. Такая труба выполняет роль как распределительного, так и поливного трубопровода одновременно. Особенностью гидравлического режима трубопровода является то, что при транзитном пропуске воды в трубе обеспечивается безнапорное движение воды. Закрытие задвижки создает подпор и излив воды только на длине до вышерасположенной задвижки.

Многолетние испытания закрытых систем такого типа, проведенные на площади около 1000 га Самгорского массива в северном Таджикистане, показали их высокую технико-экономическую эффективность.

Поливные трубопроводы с предварительно отрегулированным гидравличес-

ким режимом предусматривают работу при четвертом гидравлическом режиме и предназначены для полива в предгорной зоне. Для исследования такого трубопровода на одном из косогорных полей НИИСТО САНИИРИ были заложены две асбестоцементные трубы на глубину 45 см с переменным уклоном (0,03—0,038). Длина труб составляла 70 м, диаметр — 141 мм. В отверстия, просверленные через 1, 2 м в шахматном порядке, были вставлены водовыпуски с регулирующим винтом. На водовыпуски надевали полиэтиленовые трубки диаметром 1,5 см и длиной 65—70 см для вывода воды на поверхности. Перед эксплуатацией, то есть до засыпки траншеи, вся система (каждый водовыпуск) была отрегулирована на нормированный расход в борозду, равный 0,1 л/с, методом попыток. Максимальные отклонения расходов водовыпусков от среднего расхода составляли $\pm 0,02$ л/с, или $\pm 20\%$, то есть была обеспечена достаточная равномерность распределения воды по фронту полива.

ПЕРЕНОСНЫЕ ГИБКИЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Поливные трубопроводы делают из технической капроновой ткани диаметрами 145, 200, 350, 420 и 460 мм. Длина их составляет 100—120 м. Пропускная способность трубопроводов в зависимости от диаметров и напоров меняется от 30 до 300 л/с.

В поливные трубопроводы через 0,6 или 0,9 м вставляют водовыпуски-регуляторы*. Поливные трубопроводы работают в четвертом гидравлическом режиме, то есть поливальщики после пуска воды должны дополнительно регулировать распределение воды по водовыпускам вручную. На длинных трубопроводах (200—300 м) для этого требуется около одного часа, на коротких (50—100 м) — значительно меньше.

Максимальный напор, который может выдержать материал (шов) трубопровода, равен 3—3,5 м. Минимальный рабочий напор, обеспечивающий нормативный расход в борозду в конце шланга, должен быть не менее 1,5 диаметра трубопроводов. Обычный напор в начале трубопроводов в условиях Голодной степи составляет 1,2—1,3 м, а расход — 60—70 л/с.

* Выпускаемые ранее трубопроводы с отверстиями, снабженными клапанами, в хлопководческой зоне заменяются трубопроводами с регулируемыми водовыпусками конструкции ГСКБ по ирригации.

Воду в трубопроводы можно подавать следующими способами.

I. Самотечно с помощью:

гидрантов закрытых водоводов (при напоре более 3—4 м необходимы гасители напора);

железобетонных лотков через специальные водовыпуски или при помощи переносных сифонов;

любых каналов, имеющих достаточное командование или возможность подпора воды, в том числе и из земляных каналов через трубчатые водовыпуски.

II. Принудительно:

передвижными насосами разных марок;

насосами, смонтированными на поливных машинах типа ППА-165.

Переносными гибкими трубопроводами можно поливать как по продольной, так и по поперечной схемам полива. Причем полив по поперечной схеме менее трудоемок, более производительен и имеет меньшую удельную протяженность трубопроводов (на 1 га), чем полив гибкими трубопроводами по продольной схеме. Появились гибкие трубопроводы с целью автоматизации полива по продольной схеме. Однако механизированная раскладка по полю трубопроводов для полива и последующая механизированная уборка их с увлажненного поля оказались сложнее, чем предполагали.

Полив с применением гибких трубопроводов включает следующие операции:

транспортирование трубопроводов и инвентаря (муфты, хомуты и другое) к месту полива;

намотка отрезков трубопроводов на катушку намоточных устройств;

подготовка трассы под трубопровод (проход трактора с окучником и ручная подправка);

укладка трубопроводов на поле трактором с намоточным устройством, поливальщики при этом вручную подправляют положение шланга, не допуская его перекручивания и ненаправленного положения водовыпусков;

соединение отрезков муфтами вручную *;

пуск воды и регулировка расходов в борозды по водовыпускам в начале полива;

наблюдение за поливом и повторное регулирование расходов по некоторым водовыпускам;

* Иногда трубопроводы соединяют внахлестку (1—1,5 м).

промывка трубопроводов от наносов (при мутности оросительной воды более 0,5 г/л);

уборка трубопровода с поля механически или вручную и намотка его на катушки.

Как видно из перечня операций, необходимая механизация полива еще не обеспечена. В условиях плохого микрорельефа требуемая равномерность распределения воды по фронту полива не достигается, поэтому доброкачественная планировка — важное условие успешного применения трубопроводов. Трудно отрегулировать режим при недостатке командования в начале трубопроводов и при большой их длине. В средних условиях (совхозы Голодной степи) отклонения от нормативного расхода в борозду составляют 30—50%, то есть примерно такие же, как и при обычном поливе. По водовыпускам с завышенными расходами наблюдается размыв ложа начальных участков борозд.

Стоимость полива гибкими трубопроводами в 1,5—2 раза выше, чем стоимость ручного полива из ок-арыков. Причина в том, что необходимы большие отчисления на амортизацию дорогих капроновых шлангов из-за относительно малого срока службы их (3—5 лет).

Часть указанных недостатков можно устранить или уменьшить их влияние при поливе гибкими трубопроводами не по продольной, а по поперечной схеме. В этом случае значительно снижается рабочая длина трубопровода, получается достаточным командование, улучшается распределение по фронту полива, облегчается сборка трубопроводов (на краю поля), снижается потребность в трубопроводах на один гектар и соответственно уменьшаются амортизационные издержки и стоимость полива.

Несмотря на перечисленные недостатки полива с помощью шлангов по продольной схеме, производительность труда такого полива в 1,5—2 раза выше, чем ручного обычного полива из ок-арыков. Объясняется это тем, что шланги обеспечивают расход в 1,5—2 раза больше, чем при поливе из временных оросителей. На одного поливальщика приходится 30—35 л/с вместо 15—20 л/с при работе на ок-арыхах и выводных бороздах.

Полив шлангами обеспечивает более широкий фронт полива и большой одновременный выход площади из-под полива, следовательно, создаются лучшие условия для использования машинно-тракторных агрегатов на вегета-

ционных обработках поля. Ликвидация полос, занимаемых временными оросителями, увеличивает к. з. и. пахотных земель участка минимум на 2—2,5%.

Именно поливы гибкими трубопроводами наряду с широкой комплексной механизацией хлопководства позволяют новым совхозам Голодной степи получать достаточно высокий и дешевый по себестоимости урожай хлопка-сырца при больших площадях, обслуживаемых одним рабочим.

ПЕРЕНОСНЫЕ ПОЛУЖЕСТКИЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Опыт применения переносных жестких дождевальных трубопроводов показал, что даже при легкой и быстрой сборке и разборке перенос относительно легких звеньев труб по непросохшему полю является неприятной и трудоемкой операцией.

Создание и испытания полужестких трубопроводов для полива хлопчатника были начаты ГСКБ по ирригации в 1968 г. Одновременно началось конструирование трубопроводов для перевозки, раскладки и сборки труб. В настоящее время экспериментальный завод ГСКБ выпускает такие трубы диаметром 300 мм и в опытным порядком изготавливает трубы как меньших (для дренажа), так и значительно больших диаметров (для сооружений).

Поливной комплект трубопровода состоит из 56 труб общей длиной 300 м. Трубы соединяют между собой гибкими муфтами с быстроразъемными соединениями. На трубах имеются регулирующие водовыпуски, позволяющие поливать пропашные культуры с междурядьями как 60, так и 90 см.

В 1968—1970 гг. ГСКБ совместно с САМИС, СоюзНИХИ, ТИИИМСХ и САНИИРИ провели исследования полива полужесткими трубопроводами. Результаты показали, что по сравнению с поливом гибкими шлангами в данном случае обеспечивается более устойчивый гидравлический режим и упрощается регулирование водораспределения по фронту полива при большой длине полужесткого трубопровода (300 м).

Полиэтиленовые трубы малых диаметров (70—100 мм) могут найти широкое применение в зоне больших уклонов и сложных рельефов как поливные трубопроводы для полива из закрытой сети.

В колхозе им. Свердлова Наманганской области по проекту Узгипроводхоза на площади 500 га построена опытно-производственная закрытая система. На последнем звене закрытых трубопроводов через 12 м установлены гидранты для подключения к ним коротких переносных шлангов или жестких трубопроводов. Трубопроводы с гидрантами расположены по наибольшему уклону. С таким же уклоном должны укладываться и поливные переносные трубопроводы. Поливные же борозды нарезают по минимальным уклонам.

Исследования техники полива на этом объекте позволили Б. Ф. Камбарову сделать следующие выводы:

распределение воды с помощью коротких трубопроводов (на 20 борозд) значительно облегчается по сравнению с применяемым в колхозе поливом по коротким выводным бороздам*, затраты времени на водораспределение снижаются, качество полива улучшается;

перенос вручную шестиметровых отрезков труб с позиции на позицию требует больших затрат времени. Для этой цели надо иметь самоходную тележку и достаточный запас труб, чтобы перевозить их по сухому полю. Ручная разгрузка-погрузка труб на тележку необременительна;

на трассах трубопроводов, идущих по водоразделам, для удобства работы трубы лучше не переносить, а иметь их в необходимом количестве для проведения всех поливов как стационарное оборудование;

на адырном рельефе часто целесообразнее поливать сборными полиэтиленовыми трубопроводами длиной 50—100 м, имеющими водовыпуски-регуляторы;

полужесткие поливные трубопроводы найдут также широкое применение при поливе по террасам и при контурном орошении.

ПОЛИВНЫЕ ШЛАНГОВЫЕ МАШИНЫ

Ряд таких машин создан в Ташкентском ГСКБ по ирригации. Из них на поливе хлопчатника успешно применяют ППА-165, а на поливе люцерны и других культур — ППА-300.

* Ввиду дефицита полиэтиленовых труб колхоз им. Свердлова полностью их не получил. Поэтому на большей части площади ведется обычный полив с помощью ок-арыков, но с подачей воды из гидрантов.

В комплект ППА-165 входят: навешенная на трактор насосная станция ННС-165; прицепная шланговая тележка ТШП-400, предназначенная для транспортировки, раскладки и сборки 800 м гибких трубопроводов диаметром 350 мм; муфты, хомуты и зажимы для соединения трубопроводов. Расчетный расход агрегата составляет 165 л/с, напор — 4 м.

Технология полива машиной ППА-165 в принципе не отличается от полива трубопроводами, описанными выше, но имеются некоторые особенности, обусловленные наличием насоса и рабочими параметрами машины:

машина может подавать воду из каналов, имеющих уровень воды ниже отметок орошаемого поля;

создаваемый машиной относительно большой напор и расход обуславливают успешное применение более длинных трубопроводов (широкий фронт полива) с лучшей равномерностью водораспределения по бороздам, чем это достигается при самотечной подаче воды в поливные трубопроводы из каналов и лотков;

по той же причине меньше влияет на качество водораспределения плохой микрорельеф по трассе уложенного трубопровода.

Сложность полива зависит от соотношения затрат активного времени на распределение воды и пассивного времени, то есть времени, когда полив проводится как бы самотеком без участия человека.

Производительность труда зависит от среднего расхода, приходящегося на одного поливальщика. При поливе ППА-165 этот расход увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с поливом гибкими шлангами из лотков, то есть производительность труда может быть в 2 раза больше. Однако, как и всякая сельскохозяйственная машина, ППА-165 круглосуточно весь поливной сезон работать не может. По данным исследований, фактический коэффициент использования агрегата во времени составляет 0,65—0,7. Поэтому фактическая производительность агрегата ППА-165 по сравнению с поливом гибкими шлангами из лотков или каналов повышается не более чем на 20%, но по сравнению с обычным поливом из ок-арыков возрастает в 2 раза.

Стоимость полива увеличивается в связи с затратами на эксплуатацию трактора (горючее, ремонт, амортизационные отчисления и др.).

На основе вышеуказанного можно сделать вывод, что

при достаточных напорах в подводящей оросительной сети и хорошей планировке поверхности полей применение ППА-165 нецелесообразно.

Однако ППА-165 может найти широкое применение в условиях малоуклонных, мелиоративно неблагоприятных территорий на специально построенных системах, на которых заглубленные земляные каналы распределяют воду по всей территории и одновременно служат коллекторами и дренами. Сеть каналов-дрен делит слабоуклонную территорию системы, не считаясь с мезорельефом, на множество оптимальных поливных участков прямоугольной формы. Участки планируют под горизонтальную плоскость. На каждом пересечении, созданной сетью (углы участков), строят стандартные гидротехнические узлы для подпора и распределения воды, совмещая их с переездами. Одновременно они являются рабочими позициями агрегата ППА-165.

Такая система обладает существенными преимуществами в организации территории, в создании условий внедрения комплексной механизации сельскохозяйственного производства и особенно условий механизации промывных и вегетационных поливов, что очень существенно для освоения новых земель при отсутствии опытных поливальщиков.

Такие системы упрощают технологию строительства каналов, сооружений и планировки, поскольку отпадает необходимость в командовании сети над полями, возведении высококачественных дамб, бетонировании каналов, постройки более сложных сооружений и планировках под наклонные плоскости.

В эксплуатационном отношении она тоже имеет ряд полезных особенностей: упрощаются водозабор и водораспределение; используется значительная часть дренажной воды совместно с подаваемой из источника оросительной водой; созданная сеть заглубленных каналов-дрен служит достаточной регулирующей емкостью стока, образующегося в результате неравномерной во времени работы агрегатов ППА-165; можно полностью механизировать очистку.

Простой план системы, стандартизации элементов и сооружений позволят легко осуществить в перспективе автоматизацию и телеуправление. Система может быть полностью электрифицирована, а следовательно, и переведена на АСУ, контролирующую и обеспечивающую

водный режим каждого участка и соответствующее водораспределение в подводящей сети. Впоследствии переносные поливные трубопроводы могут быть заменены стационарными поливными лотками или поливными трубопроводами.

Две экспериментальные системы, основанные на принципе совмещения оросительных каналов с дренами, построены в Ростовской области и Калмыцкой АССР. Поливы осуществляются по широким длинным полосам с помощью передвижных поливных машин ПМП-1 и ППУ-500. Для бороздкового полива в аридной зоне эти машины не подходят из-за большого удельного расхода на 1 м фронта полива.

ПОЛИВНЫЕ МАШИНЫ С ЖЕСТКИМ ТРУБОПРОВОДОМ

Машины такого типа представляют собой перевозимые длинные трубчатые водоводы с выпусками, расположенными в соответствии с шириной междурядий.

Впервые такой трубопровод из тонкостенных стальных труб диаметром от 100 до 250 мм, снабженный регулируемыми водовыпусками типа скользящих заслонок, был разработан и испытан И. П. Конардовым в 1947 г. В 1959—1960 гг. ЮжНИИГиМ изготовил и испытал жесткий поливной трубопровод диаметром 180 мм с водовыпусками высокого сопротивления (конструкция Ю. Г. Филиппова).

В 1963—1967 гг. ВНИИГиМ провел производственную проверку поливного трубопровода-шлейфа (конструкции Метельского-Хейдорфа). Результаты показали, что можно регулировать расходы в борозды, обеспечивать равномерное водораспределение по фронту полива, производить ночные поливы и перемещать его с одной позиции на другую способом волочения без разборки на отдельные секции. На этой основе в 1968 г. ВНИИГиМ разработал «Техническое решение механизации поверхностных самотечных поливов с помощью жестких поливных трубопроводов для проектных и конструкторских организаций. Трубопровод предложили укладывать на «лафет» (салазки) и перемещать волоком, используя трактор-тягач. Длина трубопровода может достигать 500 м, а вес — 8 т.

Такую машину можно применять на пологих равнинах с системами, запроектированными с учетом главно-

го требования ее — обеспечение прямолинейного поступательного и обратного движения.

ВНИИМиТП разработал, создал и испытал опытные образцы двух новых поливных машин. УПТ-300 (200) — универсальный передвижной колесный трубопровод с питанием из открытой оросительной сети на расход 300 и 200 л/с и ПТ-50/2 — поливной колесный трубопровод с питанием от высоконапорной закрытой сети на расход до 70 л/с.

В рабочем положении трубопровод автоматически переводится с колесных осей непосредственно на землю, а после полива поднимается. Машина может поливать участки, расположенные как направо, так и налево по ходу машины, если трасса является местным водоразделом. Для гашения скорости истечения из водовыпусков и для централизованного регулирования по всем водовыпускам сразу используют водовыпуски повышенного сопротивления. Машина ПТ-50/2 может проводить как поверхностный полив, так и дождевание.

В последние годы ЮжНИИГиМ создал и испытывает две новые поливные машины для полива по бороздам: трубопровод-шлейф и поливной телескопический агрегат. В серийном производстве эти машины пока не появились и в условиях Средней Азии не испытывались. По принципу работы они подходят для полива хлопчатника на специально запроектированных системах.

Передвижные поливные трубопроводы перетаскивают тракторы, а вода в них подается насосом. Водораспределение происходит при относительно больших напорах по сравнению с самотечным поливом. На трубопроводах применяют регулируемые водовыпуски с малым коэффициентом расходов — сложные водовыпуски.

Сейчас уже многие источники орошения в аридной зоне зарегулированы водохранилищами. В последних сильно развиваются мелкие водоросли. Попадая в поливные трубопроводы, они забивают сложные водовыпуски. Очистка их требует затрат ручного труда.

Для условий Голодной и Каршинской степей, где применена сеть железобетонных лотков на опорах с командованием 1—1,2 м, Г. А. Безбородов предложил оригинальные трубопроводы-шлейфы, значительно отличающиеся от вышеописанных:

во-первых, трубопроводы выполняются из дюралюминиевых труб диаметрами 10—15 см, что сразу облег-

чает трубопровод и позволяет перемещать его на салазках с меньшими тяговыми усилиями;

во-вторых, подача воды из лотка осуществляется сразу из нескольких водовыпусков или сифонов, располагаемых через 12 или 24 м; это значительно уменьшает диаметр трубопровода и одновременно улучшает гидравлические условия водораспределения;

в-третьих, водовыпуски заменяются сквозными отверстиями, площадь которых регулируется в зависимости от необходимого расхода в борозду.

Опытные образцы дюралюминиевых трубопроводов испытаны на полях экспериментального хозяйства САНИИРИ совхоза 1-а Голодной степи и показали хорошие результаты.

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Любые из описанных выше средств автоматизации и механизации полива требуют правильной конфигурации и хорошей планировки полей. Эти условия легче выполнить, проектируя орошение на новых землях, а не на староорошаемых, где поля имеют небольшие площади, неправильную конфигурацию и обсажены деревьями. В последние годы по переустройству полей и хозяйственной сети делается сравнительно мало и не так, как следовало бы. В большинстве случаев переустройство представляет собой выборочное, бессистемное укрупнение и исправление поливных участков с реконструкцией отдельных отрезков каналов.

Сейчас эти работы планируются и финансируются отдельно по следующим позициям:

- улучшение мелиоративного состояния;
- планировка орошаемых земель;
- повышение водообеспеченности;
- переустройство внутрихозяйственной сети.

В соответствии с этими позициями плана строительные работы, входящие в комплекс переустройства, осуществляют по отдельным, не связанным между собой одностадийным проектам. Такая практика переустройства, проводимая без единой системы, основанной на комп-

лексном генеральном плане для каждого хозяйства, не решает основных задач переустройства и приведет к необходимости его повторного осуществления.

Для ближайших 10 лет переустройство хозяйственной сети должно быть первой стадией реализации научно-технического прогресса в орошаемом земледелии. В результате переустройства полей и внутрихозяйственной сети должны быть созданы пространственные условия и такое техническое состояние мелиоративного фонда (каналов, сооружений и др.), при которых было бы возможным на староорошаемых землях повсеместно использовать мощные высокоскоростные тракторы с широкозахватными машинами; внедрять автоматизацию или механизацию полива, резко повышать производительность труда, достигать минимальных эксплуатационных издержек, увеличивать валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур, снижать затраты воды на единицу урожая, повышать водообеспеченность как отдельных хозяйств, так и всех хозяйств оросительной системы.

Переустройство полей и внутрихозяйственной сети — сложное и очень дорогое мероприятие, которое проводят в действующем хозяйстве. Поэтому создаются определенные помехи производственной деятельности. Поскольку в период переустройства не должен снижаться выход сельскохозяйственной продукции, то основная строительная работа — планировка — должна проводиться только в невегетационный период и очередно по частям хозяйства, а процесс переустройства должен быть достаточно длительным (не менее 10 лет).

Переустройство отдельных полей, каналов и дренажей по частным локальным проектам, как это сейчас делается, вызовет неизбежность бросовых работ и необходимость повторного переустройства. Это значит, что капиталовложения в первое переустройство будут потеряны. Кроме этого, особо следует выделить потери времени, которые значительно влияют на процесс интенсификации сельскохозяйственного производства на староорошаемых землях.

Описанные выше задачи и содержание переустройства определяют способ и характер их решения. Технические решения при проектировании (генеральные планы) должны учитывать достаточно отдаленную перспективу. В первую очередь следует руководствоваться требовани-

ями рациональной организации территории орошаемого хозяйства. Оросительная и коллекторная сети должны быть, как правило, прямолинейными, а поливные участки — крупными, правильной конфигурации и с идеальной поверхностью.

Новая внутрихозяйственная сеть, выполняемая на первой стадии переустройства в виде обычных земляных каналов, в будущем должна позволять проводить мероприятия, которые временно были отложены. Мероприятия последующего этапа включают облицовку всей внутрихозяйственной сети, установку железобетонных лотков, устройство закрытых водоводов, внедрение прогрессивных автоматизированных поливов и закрытого дренажа. Но они не должны изменять границы поливных участков и вызывать повторных планировок полей.

Характер и степень изменения внутрихозяйственной сети при переустройстве зависит от значимости звена. Для распределительной сети, положение которой исторически было обусловлено рельефом, необходимо предусматривать только спрямления трассы на отдельных участках. Главное при реконструкции этих каналов — изменения продольного профиля.

Положение распределителей нижнего звена и участков оросителей устанавливаются вновь, особенно не считаясь с мезорельефом местности.

Во избежание появления бросовых работ должно быть запрещено:

составление генеральных планов переустройства сети хозяйства без наличия генерального плана реконструкции межхозяйственной (государственной) оросительной системы в целом или той ее части, которая связана с переустройством данного хозяйства;

составление рабочих чертежей по объектам внутрихозяйственного переустройства без наличия утвержденного генерального плана, а также финансирование строительных объектов, связанных с переустройством внутрихозяйственной сети по частным рабочим чертежам.

Учитывая громадный объем и большую стоимость предстоящих работ по переустройству, надо улучшить планирование, финансирование и отчетность этих работ. Кроме того, надо повысить ответственность за их выполнение, как за важную позицию народно-хозяйственного плана в системе показателей ММВХ СССР.

В этой связи необходимо уточнить термины показа-

телей государственных планов мелиоративных мероприятий. Так, качественное улучшение мелиорированных земель (очень неудачный термин), переустройство оросительной сети, планировка орошаемых земель, повышение к. п. д. (борьба с потерями), повышение водообеспеченности, бетонирование каналов — все это взаимосвязано, взаимодополняемо и должно осуществляться комплексно на основе единой проектной проработки.

В настоящее время исполнители могут отчитываться по нескольким позициям плана одним и тем же объемом работ. Существующая структура плана и отчетности по мелиоративным мероприятиям в будущем не позволит достаточно отчетливо судить о реконструкции государственных (межхозяйственных) систем и о переустройстве внутрихозяйственных систем.

В первую очередь необходимо разграничить перечень основных позиций и финансирование реконструкции государственных оросительных систем и переустройства внутрихозяйственных оросительных систем. Кроме стоимостного выражения и площади охвата, часть показателей должна иметь натурное измерение с целью более реального планирования и увязки в материальных балансах ММиВХ СССР. Предлагается следующая система для контроля мелиоративных мероприятий.

Реконструкция государственных мелиоративных систем:

повышение водообеспеченности (плотины, крупные новые каналы, насосные станции, расширение и реконструкция каналов), тыс. га, зоны охвата;

бетонирование существующих межхозяйственных каналов, тыс. м³;

развитие межхозяйственной коллекторной сети и регулирование водоприемников (в необходимых случаях специальные насосные станции), тыс. га зоны влияния;

строительство вертикального дренажа, тыс. га зоны влияния;

внедрение автоматики и телемеханики, млн. руб.

Переустройство внутрихозяйственной сети и мелиорация существующих орошаемых земель (комплексный показатель, тыс. га площади, охваченной переустройством).

Под специальный контроль берутся только следующие мероприятия:

составление генеральных планов и технорабочих проектов, тыс. га;

внедрение закрытого дренажа, км;
внедрение закрытых трубопроводов, км;
бетонирование внутрихозяйственных каналов, тыс. м³;
внедрение железобетонных лотков, км;
установка (монтаж) стандартных сборных железобетонных гидротехнических сооружений, тыс. шт. условных сооружений (по 0,5 м³ бетона в среднем);
планировка поверхности орошаемых земель, тыс. га;
внедрение дождевания на землях старого орошения, тыс. га;
прочие земляные работы, тыс. руб.

К числу прочих земляных работ, входящих в комплекс переустройства, относятся следующие виды земляных работ:

земляные работы по реконструкции оросительной сети — уничтожение старых каналов, спрямление каналов, в частных случаях это проведение новой мелкой сети;

земляные работы по развитию или реконструкции обычных открытых дрен, которые могут быть выполнены хозяйством или подрядчиком за средства хозяйства;

пересадка тутовых насаждений, которая в массовом порядке начнется не ранее 1980 г., так как связана с появлением в сельском хозяйстве новой пересадочной машины. Эти работы могут выполнять районные отделения Узсельхозтехники под надзором шелководов.

Уровень организации работ должен соответствовать значимости переустройства и размерам предстоящих капиталовложений. В ОблУОС (БасУОС), очевидно, надо создать отделы переустройства, или особые группы, которые должны заниматься всем комплексом работ, связанных с переустройством на территории области. Они должны осуществлять планирование, контроль выполнения и приемку как проектных, так и строительных работ по переустройству.

Переустройство оросительной сети в Средней Азии — мероприятие межведомственное; поэтому в проведении его, кроме самих хозяйств, должны принимать участие местные органы водного и сельского хозяйства, а в ряде случаев и другие органы. Переустройство может выполняться на ассигнования по госбюджетным планам, а также на собственные средства хозяйств. Органом, ответственным за переустройство, должна быть специальная областная межведомственная комиссия (Совет).

Для реализации изложенных принципов проведения

предстоящего этапа переустройства, недопущения потерь в народном хозяйстве как средств, так и времени необходимо регламентировать этот процесс нормативными документами. В 1969 г. были утверждены разработанные автором «Временные методические указания по составлению генеральных планов переустройства внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети в колхозах и совхозах УзССР».

По заданию НТС ММиВХ СССР подготовлены и находятся в стадии утверждения «Методические указания по проектированию переустройства внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети в республиках Средней Азии».

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Составление генеральных планов обеспечивает наиболее рациональное решение комплекса всех мероприятий по переустройству с учетом конкретных условий каждого хозяйства. При этом важно учесть не только требования мелиорации, но и других сторон сельскохозяйственного производства (механизация, организация территории и др.).

Наряду с такими документами, как проект внедрения севооборотов, генеральный план центрального поселка, схема электрификации хозяйства и другими, генеральный план переустройства должен являться обязательным документом долговременного пользования. Он служит техническим заданием на составление одностадийных проектов переустройства частей территории хозяйства и отдельных объектов.

Желательно одновременно составлять проект организации территории хозяйства и генеральный план переустройства полей и внутрихозяйственной сети. Однако отсутствие первого не может служить задержкой составления генплана, так как в условиях орошаемого земледелия организация территории во многом определяется плановым положением оросительно-дренажной сети и другими требованиями орошения.

Учитывая неотложность составления генеральных планов для всех хозяйств и вытекающий из этого большой объем проектных работ, по возможности надо упростить методику составления плана, состав промежуточной и исходной документации и процедуру оформления.

Так, заданием на составление генплана может служить письменное распоряжение распорядителя кредитов на водохозяйственное строительство. Исходными материалами для проектирования генпланов являются:

топографический план территории хозяйства с сечением горизонталей 0,5 м для равнинных земель и 1 м для предгорий;

выкопировка с утвержденных схем или технических проектов реконструкции межхозяйственной сети на территории хозяйства *;

выкопировка из утвержденной районной схемы планировки;

почвенная карта хозяйства.

Работа по составлению генерального плана ведется в такой последовательности:

сбор исходных материалов;

полевое обследование земель и внутрихозяйственной сети, корректировка топографического плана;

составление одного или нескольких вариантов (эскизов) генерального плана;

обсуждение и выбор окончательного варианта генерального плана на заседании Совета по переустройству в присутствии руководителя и специалистов хозяйства;

доработка принятого варианта генерального плана, проведение расчетов, составление краткой пояснительной записки;

комплектование документов генерального плана и оформление его.

В генеральном плане переустройства внутрихозяйственной сети должно быть сделано следующее:

предусмотрено максимально возможное сокращение точек выдела воды хозяйству из межхозяйственной (государственной) оросительной сети;

указано перспективное положение оросительной и коллекторно-дренажной сети, инженерных коммуникаций и сооружений, которое обеспечило бы наиболее рациональную организацию территории;

установлено мелиоративное состояние земель и разработан комплекс мелиоративных мероприятий (состав, объем), обеспечивающих повышение плодородия исполь-

* Если таких документов еще нет, то надо срочно составлять перспективные схемы межхозяйственной распределительной и коллекторной сети хотя бы для тех хозяйств, в которых намечается первоочередное составление генеральных планов.

зуемых земель и освоение неиспользуемого внутрихозяйственного земельного резерва;

намечены мероприятия по повышению к. п. д. внутрихозяйственной оросительной системы;

решены вопросы совершенствования техники полива, выбрано место опытного участка для первоочередного внедрения прогрессивной техники полива, намечены способы его полива, технологическая схема и конструкции;

предусмотрено оснащение внутрихозяйственной сети сооружениями;

установлены ориентировочные объемы работ по переустройству сети и планировке поливных участков;

установлена ориентировочная стоимость выполнения всех работ, связанных с переустройством;

установлена очередность включения в переустройство отдельных частей территории хозяйства (очередность планировки поверхности проектных полей и связанных с планировкой других земляных работ), очередность реконструкции основных хозяйственных и групповых распределителей и постройки наиболее крупных сооружений.

При этом особое внимание надо уделить вопросам: использования для орошения сбросных и дренажных вод;

аккумуляции и суточного регулирования получаемой хозяйством оросительной воды.

Все технические решения генерального плана должны быть достаточно радикальными, чтобы впоследствии не тормозить процесс интенсификации производства.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОРАБОЧИХ ПРОЕКТОВ

Составление технорабочих проектов по переустройству — обычное проектирование водохозяйственных объектов в соответствии с техническими указаниями и нормами. Особенностью этой стадии проектирования переустройства являются два обстоятельства:

заданием на проектирование является составленный ранее генеральный план и письмо-распоряжение, поэтому без этих документов нельзя составлять технорабочие проекты переустройства внутрихозяйственной сети;

для того чтобы не допускать разрывов во времени между изысканиями, проектированием и производством

работ, технорабочие проекты переустройства надо составлять постепенно по частям территории хозяйства — очередям, установленным генеральным планом.

Технорабочие проекты разрабатывают на основе планово-высотной съемки (масштаб 1 : 2000), принимаемой для проектирования планировочных работ. По объему этот вид работ — основной в переустройстве. Планировочные работы должны обеспечить не только идеальный микрорельеф поля, но и необходимый мезорельеф, без чего нельзя добиться прямолинейности оросительной сети и правильной конфигурации поливных участков. В проектировании надо предусмотреть единовременность и комплексность проведения всех видов земляных работ. После переустройства территории каждой очереди нельзя оставлять резервы, кавальеры, а ширина полос отчуждений должна быть не более проектной.

При проектировании планировок для действующих хозяйств надо стремиться к максимальному сохранению существующей поверхности полей. С этой целью рекомендуется:

повышать отметки земли в местах западин и тальвегов, в первую очередь грунтом из близко расположенных отвалов дрен и коллекторов, излишних дамб и кавальеров оросительной сети, полос, где предусматривается прокладка новых дрен;

при понижении отметок земли грунт в первую очередь надо отвозить на близко расположенные бывшие заболоченные места, в отдельные ямы (карьеры, выработки), резервы вдоль дорог и оросительных каналов, а также в подушки новых каналов и дорог, на места предполагаемых спрямлений каналов и засыпаемых коллекторов и в наиболее пониженные угловые части проектных поливных участков, где для создания проектной поверхности в виде наклонной плоскости необходимы большие подсыпки на относительно небольшой площади.

Технорабочий проект — основа для финансирования и проведения строительных работ.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Переустройство внутрихозяйственной ирригационно-мелиоративной сети является не только дорогим, но и сложным продолжительным процессом. Успех этого дела зависит как от значительного увеличения ассигнований, так и от развития строительной базы, от обеспечен-

ности строительных организаций механизмами, оборудованием и материалами.

Развитие соответствующей индустриальной базы, необходимой для создания совершенных внутрихозяйственных мелиоративных систем, очевидно, потребует несколько лет. Однако эти годы не могут быть потеряны нами. В связи с этим процесс переустройства должен пройти два этапа.

Первый этап. В соответствии с генеральным планом необходимо: создать крупные поливные участки правильной конфигурации и закончить, наконец, капитальную планировку полей, чтобы к этому делу впоследствии не возвращаться. Бетонирование основных каналов, строительство закрытых водоводов и закрытых дрена на первом этапе не исключаются, но широкого размаха они не достигнут.

Второй этап. Необходимо забетонировать все каналы до участков распределителей, последние заменить железобетонными лотками или закрытыми водоводами; построить закрытый дренаж, аккумулирующие емкости для регулирования стока, системы повторного использования воды и внедрить автоматизированную технику полива.

Кроме этих этапов, следует различать очередность производства работ по годам и по частям территории хозяйства. Работы по переустройству, особенно работы первого этапа, могут проводиться только сезонно (ноябрь—март), когда поля свободны от посевов, а колхозники и рабочие совхозов загружены недостаточно. Водохозяйственное строительство желательно планировать так, чтобы на ноябрь—март можно было переключить, хотя бы частично, рабочих и механизмы строительных организаций ММиВХ СССР с других объектов на работы по переустройству.

Сейчас пока нет достаточно ясного представления о предстоящих затратах и объемах работ по переустройству внутрихозяйственной сети на староорошаемых землях по каждой республике и областям аридной зоны. Решением их вопросов для условий Кашкадарьинской области УзССР занимался Х. Т. Ташев. Результаты его исследований показали:

удельные затраты на переустройство, в зависимости от сложности объекта, составят от 1000 до 2000 руб/га; то есть в среднем 1500 руб/га;

срок окупаемости капиталовложений равен 4—5 годам;

необходимо развитие мощностей строительной индустрии и строительных организаций;

необходимо усиление проектных организаций, в особенности их топографических отделов;

ассигнования на водохозяйственное строительство в области должны ежегодно возрастать на 8,5—9 млн. руб.;

30% выделяемых ассигнований должно направляться на переустройство внутрихозяйственной сети;

при соблюдении указанных условий переустройство внутрихозяйственной сети и полей на староорошаемых землях может быть выполнено за 10—12 лет.

По другим проработкам (Узгипроводхоз) средняя удельная стоимость переустройства оценивается гораздо выше — 3—3,5 тыс. руб. на 1 га, что, возможно, растянет срок выполнения работ.

К. П. Д. ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ И МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ. ПОВЫШЕНИЕ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ

СИНХРОННОСТЬ МЕЖДУ ПОДАЧЕЙ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕЕ НА ПОЛЯХ

По характеру работы различают:

крупные оросительные системы регулярного орошения;

более мелкие системы с орошением по потребности в зависимости от складывающихся метеорологических условий.

В Средней Азии все системы относятся к первому типу. Издавна считалось, что с большим трудом забранная из реки вода должна быть полностью использована на поливы. Практика орошения в условиях маловодья, а оно до проведения народных мелиоративных строек 1938—1941 гг. было почти повсеместным, доказала возможность выполнения этого требования. Удельное водопотребление брутто (на 1 га) было значительно меньшим, чем сейчас.

На мелких поливных участках при небольших расходах, достаточном числе поливальщиков и внимательном отношении их к воде как днем, так и ночью добивались

подобия синхронизации колебаний режима источников орошения с водопотреблением на полях. Однако это отнюдь не было идеальным управлением. Просто при снижении поступления воды в хозяйство и в бригаду прекращался полив части участков, и наоборот. Низкая урожайность обуславливалась экстенсивностью производства, а также недостаточной водообеспеченностью и несвоевременностью поливов.

Отсюда можно сделать вывод, что управлять водой и поливами из условия полного использования оросительной воды, даже в современных условиях при более высокой технике, очень сложно.

Во-первых, рабочий расход воды для группы поливальных машин непостоянен, а зависит от размера поливаемого поля, или части поля (при поперечной схеме), если желают достичь одновременного поспевания почвы. Рабочий расход тем больше, чем больше поливной участок, и наоборот. Кроме того, этот расход на полив люцерны должен быть больше, чем на полив хлопчатника.

Во-вторых, начало ручного полива требует достаточно продолжительного времени, в течение которого рабочий расход меняется скачками.

В-третьих, в хозяйствах, хорошо обеспеченных водой в первую половину вегетации, чтобы не затопить молодой хлопок, подача воды на поле на ночь сокращается на одну треть, а то и наполовину. Если считать, что поливальные машины уходят с поля в 22 ч, а приходят в 6 ч, то потери воды, подаваемой к полям, составят 10—15%.

Отметим, что потери будут больше при механизированном поливе, включая даже дождевание передвижными машинами, так как коэффициент использования машин во времени не может быть равен единице: обычно он составляет 0,65—0,7. Поэтому в перспективе следует ориентироваться не на механизацию полива, а на его гидравлическую автоматизацию.

Как известно, излишки поданной к полю воды, возникающие в результате изменения (уменьшения) расхода в бороздах (полив переменным расходом), направляются в сброс, то есть тоже являются потерями.

Перечисленные обстоятельства указывают на то, что потребность в воде полеводческой бригады непостоянна во времени и меняется скачками. Предусмотреть все эти изменения в предварительной документации, то есть плане водопользования, невозможно.

В последние десятилетия на ряде систем появились значительные потери нового типа, суть их заключается в следующем.

Раньше составители планов водопользования и проектировщики очень большое внимание уделяли укомплектованию графиков гидромодуля. Сдвигали сроки поливов, укорачивали, или удлиняли поливные периоды ведущих культур, чтобы очертания графика были ближе к режиму источника орошения (маловодные системы) или к режиму водопотребления ведущих культур (водообеспеченные системы). Воду в систему забирали в соответствии с этими графиками. До определенного времени это было верно и объяснялось следующими обстоятельствами: пестрота природных условий, разнообразие сельскохозяйственных культур, растянутые сроки сева, исторический навык водопользователей, заключающийся в том, что подаваемую воду использовали обязательно полностью. Одну часть полей преднамеренно поливали как бы про запас — ранее оптимального срока потребности в воде посеянной культуры, а остальную часть — с большим опозданием по сравнению с этими сроками. Причина была в недостатке воды.

В настоящее время условия сильно изменились. Сильно повысилось водообеспечение за счет регулирования стока, гарантированного водозабора, расширения магистральных каналов и машинного водоподъема. Крупные хлопководческие хозяйства обладают мощной техникой и проводят сев хлопка в считанные дни. В хозяйствах нет такого сильного разнообразия культур, как раньше. Многие новые совхозы, как правило, имеют довольно однообразные по своей территории почвенно-гидрогеологические условия.

Потребность хлопчатника в первом поливе наступает почти одновременно на всех полях, а поскольку имеется техническая возможность удовлетворить эту потребность посредством форсированной подачи воды по магистральному каналу, то первый полив осуществляется теперь в более сжатые сроки.

Проектирование систем и планирование водопользования ведется по старой методике, а водопользование на полях складывается по-своему (табл. 38). Согласно расчетной формуле, форсированный гидромодуль равен максимальному гидромодулю по укомплектованному графику, умноженному на коэффициент форсировки K , обычно

Таблица 38. Сопоставление планового и фактического режимов орошения хлопчатника

№ поливов	Оптимальный срок полива	Поливная норма, м³/га	Сроки поливов		Продолжительность полива	Гидромодуль, л/с·га	q, % q _{форс}
			начало	конец			
Плановый режим орошения							
1	6/VI	900	26/V	18/VI	24	0,434	44,6
2	28/VI	1000	19/VI	8/VII	20	0,578	69,4
3	17/VII	1100	9/VII	25/VII	17	0,750	77
4	4/VIII	1100	26/VII	13/VIII	19	0,671	69
5	23/VIII	900	14/VIII	2/IX	20	0,520	53,5
Итого		5000	25/V	2/IX	100	—	—
Фактический режим орошения на системах с высокой водообеспеченностью							
1	6/VI	1600	3/VI	22/VI	10	0,925	95
			1/VI	25/VI	25		
2	3/VII	1500	28/VI	15/VII	18	0,965	99
			26/VI	17/VII	22		
3	28/VII	1400	22/VII	6/VIII	16	1,012	104
			18/VII	10/VIII	24		
4	23/VIII	1300	14/VIII	2/IX	19	0,853	87
			11/VIII	4/IX	25		
Итого		5800	1/VI	4/IX	96	—	—

Примечание. Числитель — расчетные значения, знаменатель — фактические.

принимаемому для хозяйств 1,25—1,3. Так, $q_{\text{форс}} = 0,75 \cdot 1,3 = 0,975$ л/с.

Как видно из таблицы 38, в производственных условиях ограничиваются меньшим числом поливов, так как поливные нормы больше расчетных. Межполивные периоды несколько увеличиваются без особого ущерба для достигнутого уровня урожайности.

Полная подача воды должна была бы осуществляться в соответствии с графиком, изображенным на рисунке 27, А. Фактическая же подача показана на рисунке 27, Б (линия а, б, в, ..., и, к). О возможности снижения водоподдачи в отрезки времени г—д, е—ж и з—и водопользо-

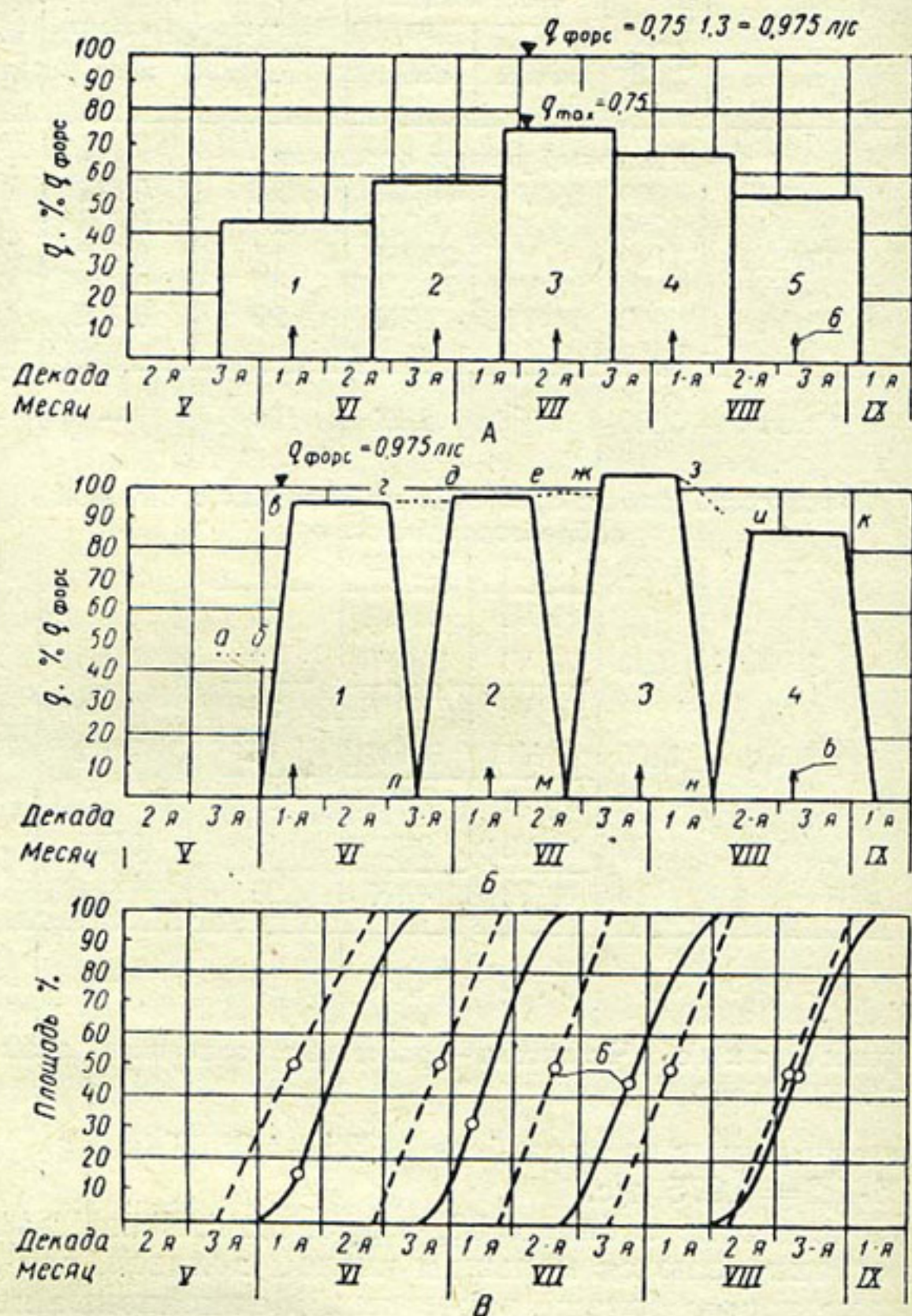


Рис. 27. Сопоставление планового и фактического режимов орошения хлопчатника:

А — плановая подача воды; Б — фактическая подача воды; В — плановый и фактический ход полива; 1, 2, 3, 4, 5 — номера поливов; б — оптимальный срок полива для среднего дня сева.

ватели не заявляют из-за перестраховки, а лица, распределяющие воду, об этих возможностях просто не знают. Поэтому треугольники *гдл*, *ежм* и *зин* — это невольные излишки водоподачи. Часть излишков используется на полив прочих культур, часть — сбрасывается в коллекторно-дренажную сеть. В общем в хозяйствах осуществляется водопользование по потребности при форсированном действии межхозяйственной сети.

Здесь обращается внимание не на количественную оценку сброса, а на суть причин недостаточного использования воды и наличие резервов.

Очевидно, старый метод расчета водопотребления по сомкнутым вплотную столбикам графика гидромодуля с широким основанием первого столбика, то есть при большой продолжительности первого полива, не является оптимальным решением. С точки зрения получения максимально возможного урожая на всех полях это решение не оптимальное, а вынужденное. Но пока приходится считаться с тем, что существующие системы еще не могут проводить первый полив в более сжатые сроки, соизмеримые со сроками фактического сева, из-за следующих причин:

повышенной водопроницаемости почв;

ограниченности коэффициента форсировки магистральных каналов, который равен обычно 1,1—1,15.

Так, из-за недоучета возможностей техники полива, трудности осуществления синхронизации между подачей воды и использованием ее на полях, наличия ряда неизбежных потерь создается положение, при котором фактические удельные водозаборы в системы сильно возросли по сравнению с теоретическими. Оросительные системы большую часть вегетационного периода работают в форсированном режиме, и все-таки воды не хватает. В наиболее ответственные моменты вегетационного периода, в разгар очередного полива хлопчатника, несоответствие между требованием на воду и возможностями их удовлетворения создает впечатление маловодья и низких значений фактических к. п. д. внутрихозяйственных систем.

К. п. д. ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

К. п. д. внутрихозяйственной системы является сейчас самой мало изученной величиной из всех к. п. д., составляющих общий к. п. д. оросительной системы от головного

водозабора до эвапотранспирации на полях. При водохозяйственных расчетах и составлении планов водопользования обычно пользуются нормативными значениями к. п. д. внутрихозяйственных систем. Описанный выше недостаток воды, обусловленный низким к. п. д. техники полива и неизбежными потерями, вызванными организационными причинами, одни специалисты зачастую объясняют исключительно низкими к. п. д. хозяйственной оросительной сети, другие — плохим использованием воды в хозяйстве, наличием большого сброса мутной оросительной воды в коллекторно-дренажную сеть. При этом не учитывается, что сброшенные 5 л/с мутной воды могут интенсивно окрасить поток расходом в 1 м³/с.

Для дальнейших рассуждений примем следующие условия:

потери воды, обусловленные технологией бороздкового полива, уже достаточно выяснены и учтены выше в понятии к. п. д. техники полива;

потери воды, обусловленные асинхронностью между подачей воды хозяйству и использованием ее на полях, — это не потери на фильтрацию во внутрихозяйственной сети;

к. п. д. оросительной системы хозяйства определяется потерями на фильтрацию во внутрихозяйственных каналах.

Потери, обусловленные несоответствием во времени размерам водоподачи в хозяйства и использованием ее на полях, практически отсутствуют в хозяйствах с низкой водообеспеченностью, но достаточно велики в хозяйствах с высокой водообеспеченностью:

Водообеспеченность хозяйств, % к плану	70	80	90	100	110	120	125
Потери, % получаемой воды	1	3	5	8	12	18	20

В какой-то степени в настоящее время эти потери неизбежны и с ними надо считаться. Их учитывают, принимая при проектировании достаточно высокие коэффициенты форсировки для хозяйственных систем, а в производстве — осуществляя форсированную сверхплановую подачу воды. В данной работе они учтены назначением стандартных расходов в 200 л/с.

В будущем же эти потери в хозяйствах нежелательны. Во-первых, они влекут необходимость излишнего за-

паса в системах, большие сечения каналов и трубопроводов; во-вторых, хозяйственные сбросы смешиваются с дренажной водой и если сброшенная вода полностью не пропадает, то снижает свое качество.

Снизить эти потери, возможно, позволит внедрение АСУ водораспределения и водопользования в хозяйствах, а также внедрение автоматизации в верхнем или нижнем бьефе. Однако эти средства ввиду большой инерционности процесса и длинного пути к головным водохранилищам без близко расположенных регулирующих механизмов решить проблему не смогут.

Пока технически наиболее простыми приемами снижения и использования этих потерь будут:

аккумулирующие емкости в хозяйствах и на системах;

описанные выше системы повторного использования воды с перекачкой;

концевые сбросы вышерасположенной системы (магистральной), передающие излишки воды в нижерасположенную систему (без потери командования) или в реку по специальному тракту без смешивания с минерализованной водой;

сбросные тракты хозяйства-река, в которых вода не смешивается с дренажными водами.

более раннее начало первого полива хлопчатника, чем это делается сейчас;

соблюдение дисциплины водопользования, проведение поливов и ночью, и в праздничные дни; своевременное заявление в УОС о предстоящем снижении потребности хозяйства в воде, что особенно полезно на системах с водохранилищами.

После окончания реконструкции внутрихозяйственных систем при наличии описанных выше технических средств можно приступить к организации телеавтоматики управления водой в хозяйстве.

Полевых исследований по изучению потерь и к. п. д. внутрихозяйственной сети ввиду чрезвычайной трудоемкости опытов на территории современных крупных хозяйств проведено очень мало. САНИИРИ и ТИИИМСХ за последние 15 лет определили фактические к. п. д. всего в 20 хозяйствах. Непосредственно под руководством автора такие исследования были осуществлены в колхозе им. Свердлова Ташкентской области, в трех хозяйствах Ферганской области (исполнители А. З. Лымарев,

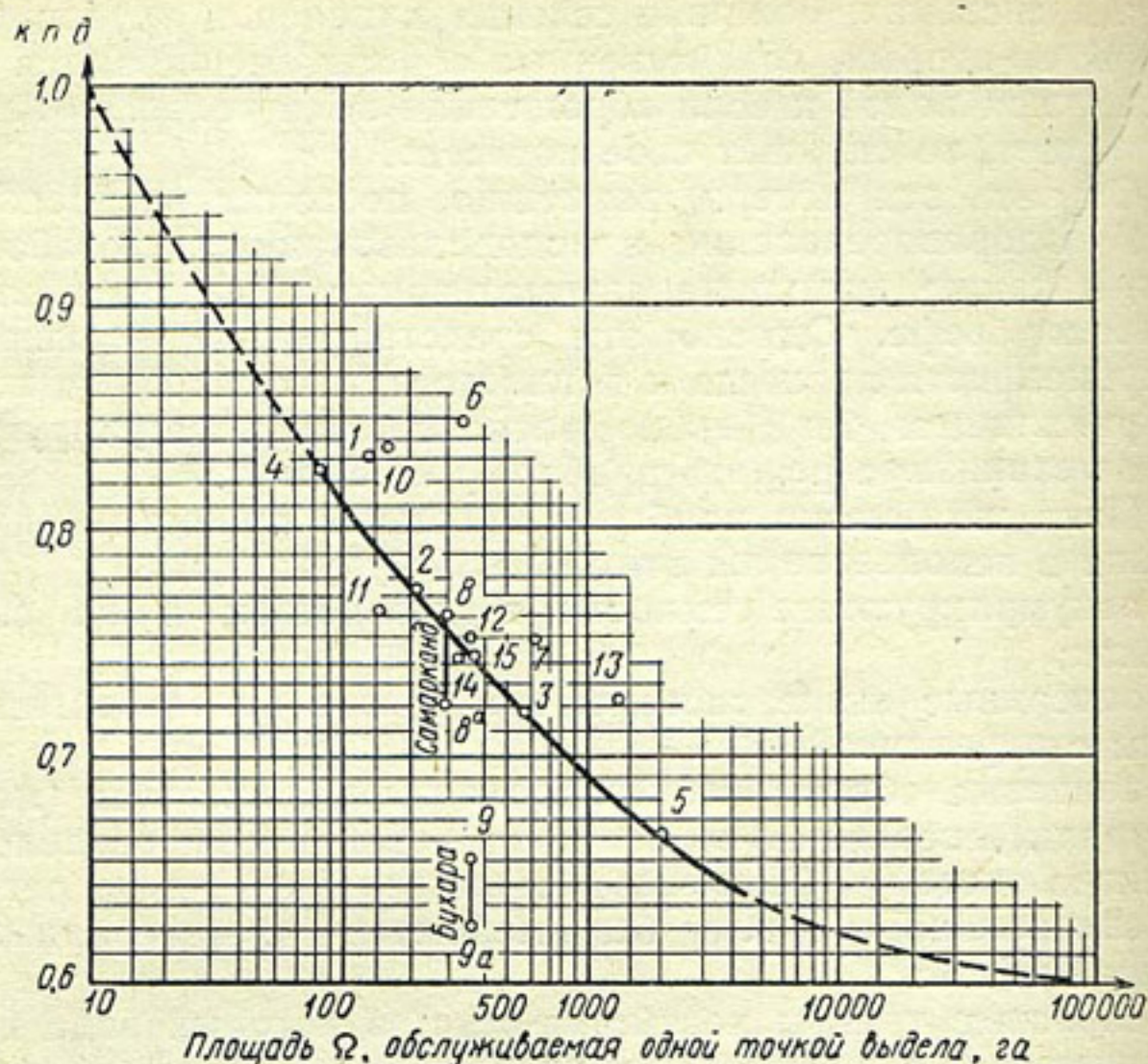


Рис. 28. Приближенная зависимость к.п.д. = $f(\Omega)$ внутрихозяйственной сети из земляных каналов.

В. А. Пушкин). Фактические к. п. д. в трех колхозах Кашкадарьинской области установил Х. Т. Ташев. Кроме перечисленных специалистов, определением потерь к. п. д. занимались А. И. Иванов, А. А. Рачинский, А. Ф. Синякин, А. В. Бочарин и др. По результатам их исследований построена зависимость к. п. д. = $f(\Omega)$ (рис. 28).

Предельные значения фактических к. п. д. в большой степени зависят от числа точек выдела воды в хозяйство. К. п. д. в хозяйствах менялись в пределах от 0,66 до 0,83. Среднее значение к. п. д. в большинстве хозяйств было равно 0,72—0,77. Минимальные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети были получены в колхозе им. Калинина Сагарчагинского района Марыйской области (исследования А. В. Бочарина, точка 5 на рисунке 28), орошаемые земли которого разбросаны по территории отдельными массивами (к. з. и. = 0,48) и имеют одну точку выдела. Эти массивы представлены преимущественно

средне- и легкосуглинистыми почвами, на глубине 2—2,5 м встречаются прослойки и линзы супесей и песков. Максимальное значение к. п. д., равное 0,85, получено в колхозе им. XVIII партсъезда Чарджоуского района ТуркмССР в условиях очень близкого залегания грунтовых вод (исследования А. Ф. Синякина, точка 6 на рисунке 28). Высокое значение к. п. д. имеет сеть колхоза им. Свердлова, Янгиюльского района Ташкентской области (точка 1 на рисунке 28). Грунтовые воды в этом колхозе залегают глубоко, но зато к. з. и. очень высокий (0,94); протяженность сети мала, так как полив проводится по поперечной схеме при длине борозд 300—400 м; грунты средне- и тяжелосуглинистые. Колхоз имеет 8 точек выдела: из них 3 средних и 5 мелких площадью менее 100 га.

По полученным 15 точкам установлена приближенная зависимость к. п. д. внутрихозяйственной сети из земляных каналов от площади, обслуживаемой точкой выдела, для средних условий. Точки 9 и 9а выпали из намеченной закономерности и оценены малонадежными.

Анализ имеющегося материала по определению потерь и к. п. д. позволил сделать следующие выводы:

удельные потери на фильтрацию в постоянно действующих внутрихозяйственных каналах примерно равны рассчитанным по формулам А. Н. Костякова для грунтов средней водопроницаемости;

потери в периодически действующей сети несколько больше. Их можно рассчитать по формуле, предложенной Х. Т. Ташевым:

$$\sigma_t = \frac{B}{t\alpha} + \frac{A}{Q^n}, \quad (47)$$

которая показывает, что процесс фильтрации состоит из двух стадий, а потери являются не только функцией расхода, но и времени. Для грунтов средней водопроницаемости эта формула будет иметь следующий вид:

$$\sigma_t = \frac{36,5}{t^{0,67}} + \frac{1,78}{Q^{0,7}}; \quad (48)$$

фактически к. п. д. внутрихозяйственной сети, как правило, на 8—10% выше к. п. д., принимаемых в планах водопользования РайУОС.

Этот запас только несколько смягчает положение, так как не учитываемые в планах к. п. д. техники

полива и «организационные» потери значительно превышают его.

Едва ли в ближайшее десятилетие станет известным точное значение к. п. д. каждого хозяйства. Однако следует существенно уточнить (повысить) значение нормативных к. п. д. При назначении планового нормативного к. п. д., чтобы не сделать грубых ошибок, в какой-то степени надо учитывать специфику условий хозяйств, влияющих на к. п. д.

К. п. д. зависит от следующих основных факторов:

- 1) фильтрационных свойств почвогрунтов;
- 2) режима водораспределения в хозяйстве — степени сосредоточения воды;
- 3) средневзвешенной площади поливных земель, орошаемых из точки выдела и к. з. и., то есть от числа точек выдела, а не от общей площади хозяйства;
- 4) удельной протяженности оросительной сети, длины холостых частей и планового расположения основной распределительной сети;
- 5) глубины залегания грунтовых вод (до и более 2,5 м);
- 6) мутности оросительной воды, то есть степени коагуляции;
- 7) технического состояния сети и сооружений.

Факторы 1, 3, 4 и 5 определяют специфику условий хозяйства, то есть его объективные особенности.

Расчет к. п. д. по факторам 2, 6 и 7 для всех хозяйств системы должен быть одинаковым.

В 1960 г. составлена методика полевых исследований и расчета нормативных к. п. д. хозяйственной сети. Суть этой методики заключается в следующем: составляется план хозяйства с районированием территории по механическому составу подстилающих почвогрунтов на основе почвенных карт республиканских Гипроземов; осуществляется переход от механических составов к баллам водопроницаемости, используя таблицу 33; наносится оросительная сеть хозяйства; выбираются типовые постоянно и временно действующие каналы, на которых в поле определяются фактические потери для установления параметров к формулам А. Н. Костякова, Х. Т. Ташева, М. М. Кабакова *; назначаются участки одновре-

* Если не ставится задача получения параметров непосредственно из замеров потерь, то для последующего расчета к. п. д. их берут из справочников.

менного полива в центре тяжести площадей полеводческих бригад и других хозяйственных подразделений; устанавливаются расчетные расходы воды на поливаемое поле (100, 125, 150, 200 л/с); рассчитываются потери и расходы снизу (с полей) — вверх (до точек выдела) по соответствующим формулам; строится кривая к. п. д. = $f(Q_{бр})$.

По кривой можно определить средний к. п. д. за вегетационный период по среднедействующему расходу, а также нормативные к. п. д. для каждой декады.

Проведенные по такой методике расчеты дают следующие близкие к фактическим нормативные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети в земляных руслах для современного положения (табл. 39).

Таблица 39. Нормативные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети в земляных руслах

Условия, определяющие величину потерь и к. п. д.	К. п. д., учитывающий только потери на фильтрацию	К. п. д., учитывающие организационные* потери	Общий к. п. д. хозяйства
<i>Благоприятные:</i>	0,83	0,92	0,76
каналы проходят в слабопроницаемых грунтах, грунтовые воды залегают на глубине 1,5—2 м, средняя точка выдела обслуживает менее 100 га, к. з. и. более 0,9			
<i>Средние</i>	0,77	0,92	0,71
<i>Неблагоприятные:</i>	0,72	0,92	0,66
каналы проходят в сильнопроницаемых грунтах, грунтовые воды залегают глубже 5 м, средняя точка выдела обслуживает более 500 га, к. з. и. менее 0,6			

Для последующей оценки комплексного к. п. д. оросительных систем на современном этапе примем среднее значение к. п. д., равное 0,71. Переустройство внутрихозяйственной оросительной сети на староорошаемых землях и строительство совершенных систем на новых землях существенно повысят внутрихозяйственные к. п. д. через 10—15 лет. На основе литературных данных, ис-

Таблица 40. Перспективные значения к. п. д. переустроенной внутрихозяйственной сети

Этапы переустройства и конструкция сети	К. п. д. низового звена с рас- ходами до 200 л/с внутрихо- зяйственной сети, обслужи- вающей				К. п. д. высшего звена внут- рихозяйственной сети с рас- ходами более 400 л/с	К. п. д. хозяйственной систе- мы в целом (5)×(6)
	поселок и мел- кие хозяйст- венные под- разделения		полеводческие бригады хлоп- ковых сево- оборотов			
	50 га	100 га	150 га	200— 250 га		
1	2	3	4	5	6	7

Первый этап — осуществлено бетонирование межбригадных каналов; к. п. д. каналов низшего звена повышены за счет снижения их протяженности

Низовое звено в виде обычных земляных каналов:						
благоприятные условия	0,96	0,95	0,94	0,93		0,86—0,88
средние условия	0,94	0,92	0,91	0,90	0,93—0,95	0,85—0,86
неблагоприятные »	0,90	0,87	0,86	0,85		0,79—0,81

Второй этап — реконструированы все каналы, внедрена новая техника полива

Закрытые трубопроводы из высоконапорных металлических или асбестоцементных труб	0,998	0,995	0,990	0,985		0,95—0,93
Закрытые трубопроводы из низконапорных армоцементных, centrifугированных, железобетонных и других труб, а также каналы со сборной облицовкой и с погребенной полиэтиленовой пленкой	0,995	0,99	0,98	0,97		0,90—0,92
Железобетонные лотки промышленного изготовления	0,99	0,98	0,97	0,96	0,93—0,95	0,89—0,91
Сборные облицовки (без пленки)	0,98	0,97	0,96	0,95		0,88—0,90
Монолитный бетон	0,97	0,96	0,95	0,94		0,87—0,89

Этапы переустройства и конструкция сети	К. п. д. низового звена с рас- ходами до 200 л/с внутрихо- зяйственной сети, обслужи- вающей				К. п. д. высшего звена внут- рихозяйственной сети с рас- ходами более 400 л/с	К. п. д. хозяйственной систе- мы в целом (5)×(6)
	поселок и мел- кие хозяйствен- ные подразде- ления		полеводческие бригады хлоп- ковых сево- оборотов			
	50 га	100 га	150 га	200— 250 га		
1	2	3	4	5	6	7
Другие антифильтра- ционные мероприятия на каналах, проходя- щих в сильноводопро- ницаемых грунтах: кольматация, глини- стые и бентонитовые экраны, погребенная пленка с учетом раз- рывов в ряде мест из- за пробивки пленки корнями сорняков и землероями	0,96	0,95	0,94	0,93		0,86— 0,88

Примечание. В графах 6 и 7 данные указаны в зависимости от протяженности каналов и валовой площади хозяйства.

следований Средазгипроводхлопка и материалов Голод-ностепстроя можно сделать вывод, что переустроенные хозяйственные системы и системы на новых землях будут иметь следующие к. п. д. (табл. 40). Для прогноза использования воды примем перспективный к. п. д. внутрихозяйственного звена оросительной системы, равный 0,89.

К. п. д. МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Имеются достаточно достоверные данные о к. п. д. межхозяйственной части оросительных систем в ежегодных отчетах органов эксплуатации министерств мелиорации и водного хозяйства республик Средней Азии. В последние десятилетия проведены очень большие работы по реконструкции межхозяйственных оросительных систем и по бетонированию каналов.

К. п. д. межхозяйственного звена оросительных систем по областям УзССР существенно повысился и имеет устойчивые значения:

Ташкентская	0,81	Бухарская	0,86
Сырдарьинская	0,92	Кашкадарьинская	0,86
Ферганская	0,89	Сурхандарьинская	0,90
Андижанская	0,83	Хорезмская	0,80
Наманганская	0,85	Каракалпакская АССР	0,84
Самаркандская	0,80		

Данные приведены без учета потерь в межобластных и межреспубликанских каналах. К. п. д. средневзвешенный по орошаемым площадям равен 0,85.

Эффективность бетонирования каналов и возможность увеличения к. п. д. межхозяйственной сети после реконструкции с учетом полного бетонирования всех каналов для условий Кашкадарьинской области исследовал Х. Т. Ташев. Результаты показали, что бетонирование каналов снижает потери в 5—6 раз по сравнению с земляными каналами в тех же условиях. Поскольку более половины каналов в области уже забетонировано и существующий к. п. д., по данным Х. Т. Ташева, уже равняется 0,88, то увеличение составит 0,08, а перспективный к. п. д. получится равным 0,96.

По данным подразделов «К. п. д. внутрихозяйственной системы» и «К. п. д. межхозяйственных систем» можно получить осредненное значение технических к. п. д. систем от головного водозабора до полей (табл. 41).

Т а б л и ц а 41. Осредненные значения технических к. п. д. оросительных систем

Система	Существующее положение				Перспектива			
	к. п. д.	потери, % головного водозабора			к. п. д.	потери, % головного водозабора		
		всего	филь-трация	сбросы и техниче-ская утечка		всего	филь-трация	сбросы и техниче-ская утечка
Межхозяйственная	0,85	15	14	1	0,95	5	4,5	0,5
Внутрихозяйствен-ная	0,71	25	18	7	0,89	10,5	9	1,5
Вся оросительная система	0,60	40	32	8	0,845	15,5	13,5	2

П р и м е ч а н и я. 1. Проценты показаны с округлением до полупроцента. 2. В фильтрацию из каналов включены потери на испарение с водной поверхности, которые оцениваются не более 1,5—2% фильтрации.

УЛУЧШЕНИЕ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Степень использования воды непосредственно в хозяйствах в большой мере зависит от качества подачи воды хозяйству. Под качеством подачи подразумевается стабильность поступающего расхода во времени (сутки, декады). Случайный «пик» водоподачи используется на поливы в незначительной мере и вызывает увеличение сброса. Каждый «провал» снижает к. п. д. техники полива, то есть увеличивает потери. Плохая водоподача дезорганизует ход полива и агротехнических работ, связанных с ними.

Практическое осуществление плана водораспределения на ряде систем относительно просто, а на некоторых системах очень сложно, так как связано с определенными трудностями, обусловленными характером режима источника орошения. Во-первых, фактический расход реки в какой-либо год не может точно соответствовать принятым в плане декадным расходам расчетного гидрографа. Во-вторых, в течение декады и суток расход источника орошения колеблется, то есть фактический коэффициент водообеспеченности меняется во времени.

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

$$P_1 = 1 - \frac{\sqrt{\frac{\sum (Q_{\text{факт}} - Q_{\text{ср}})^2}{n}}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (49)$$

где $Q_{\text{ср}}$ — среднеарифметический расход из n наблюдений за декаду; $Q_{\text{факт}}$ — фактический расход каждого наблюдения.

С помощью этого показателя по трудности осуществления планового распределения воды оросительные системы разделяются на два типа:

I тип — системы, использующие только часть расхода источника. Показатель P_1 для систем этого типа получается выше 0,97. Водообеспеченность таких систем высокая и заранее известная. К этому же типу относятся системы на источниках орошения с зарегулирован-

ным стоком. Водообеспеченность их может быть недостаточной, но она при оперативном водораспределении всегда известна заранее, поэтому плановое вододеление осуществлять легко.

II тип — системы с незарегулированными источниками (реками), из которых вода в большую часть вегетационного периода полностью разбирается на орошение. Показатель P_1 на этих системах меньше 0,9. Водообеспеченность таких систем непостоянна и заранее неизвестна, поэтому плановое вододеление на таких системах осуществлять очень трудно.

Есть, конечно, системы и промежуточного характера, которые в отдельные периоды можно отнести к системам I типа, а в другие — к системам II типа.

Оценка деятельности управления оросительной системы (УОС) по выполнению основных показателей утвержденного плана водораспределения могла бы основываться на двух понятиях, сформулированных так:

понятие «выполнение плана водоподачи какому-либо хозяйству» означает подачу воды в хозяйство в точном соответствии с утвержденным планом в каждый день планируемого периода или определенного отрезка времени (декада, месяц);

понятие «выполнение плана водораспределения по оросительной системе» заключается в наличии первого понятия (факта) одновременно для всех хозяйств оросительной системы.

Однако такая оценка деятельности УОС неприемлема. Из-за технического несовершенства систем и недостаточной точности исходных данных, используемых при составлении плана водопользования, подача воды хозяйству за какой-либо отчетный период может колебаться в пределах 90—110% плана. Практика показала, что отклонение в таких пределах не вызывает отрицательных последствий для водопользователей. Задача вододеления, диспетчерской и линейной служб заключается в осуществлении такого водораспределения на системе, которое бы наилучшим образом соответствовало составленному плану водораспределения.

Полного соответствия между плановыми и фактическими показателями для всех хозяйств и во все декады планируемого периода достичь невозможно. Однако и возникающие отклонения подачи воды хозяйствам должны быть нормированы.

Качество водораспределения на оросительных системах необходимо оценивать по удельному весу случаев водоподачи, укладываемых в интервале от 90 до 110% плана, используя следующие показатели:

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

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

Соответствие фактического вододеления плановому можно считать идеальным, если показатели P_1 , P_2 и P_3 равняются единице. Однако в производстве пока так не получается, особенно на оросительных системах II типа, на которых показатели, как правило, значительно ниже единицы. Обычно показатели $P_1=0,90—0,98$; $P_2=0,50—0,60$; $P_3=0,25—0,50$. Приведенные цифры — это не количественное выполнение плана, а качественная оценка деятельности УОС по водораспределению. Например, если $P_3=0,50$, то это означает, что 50% случаев подачи воды хозяйствам находилось в пределах 90—110% плана, а другая половина случаев подачи была или менее 90% плана, или более 110% плана. Величина и частота отклонений от плана связаны определенной закономерностью, близкой к кривой нормального распределения.

Системы I типа по простоте управления и качеству водораспределения совершеннее систем второго типа.

Выше было упомянуто о громадных работах, проведенных в Средней Азии по повышению водообеспеченности. В результате постройки плотин, головных водозаборных сооружений, специальных каналов по переброске воды из многоводных систем в маловодные (кольцевание), водохранилищ, реконструкции межхозяйственных систем стало несравненно легче забирать воду из рек в магистральные каналы. Стабилизировались головные расходы этих каналов. Как правило, выполняются и, к сожалению, даже значительно перевыполняются планы забора и подачи воды за вегетационный период, то есть растут оросительные нормы брутто.

Однако повышение водообеспеченности не однозначно одновременно улучшению качества водораспреде-

ления. На основании последних исследований САНИИРИ можно отметить, что хотя к настоящему времени качество водораспределения по сравнению с прошлыми десятилетиями и улучшилось, но еще не достигло нормативных значений показателей $P_1 \geq 0,97$, $P_2 \geq 0,75$, $P_3 \geq 0,667$ (табл. 42).

Таблица 42. Значения P_1 , P_2 и P_3 для оросительных систем Узбекской ССР

Показатели	Нарпайская система				Дальверзинская система				Гузарская система	
	1935—1940 гг.	1947 г.	1955 г.	1970 г.	1935—1940 гг.	1947 г.	1955 г.	1970 г.	1968—1971 гг.*	1970 г.
P_1 в голове магистрального канала	0,80	0,86	0,94	0,91	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96	0,98
P_1 в точках выдела воды хозяйствам	0,75	0,79	0,84	0,89	0,84	0,83	0,83	0,91	0,88	0,91
P_1 по колхозам, расположенным в конце распределителей	0,72	0,75	0,79	0,86	0,78	0,78	0,77	0,87	0,85	0,87
P_2	0,22	0,41	0,50	0,61	0,27	0,27	0,27	0,45	0,60	0,83
P_3	0,17	0,39	0,51	0,46	0,15	0,17	0,20	0,27	0,37	0,57

* До 1968 г. данных не было.

Нарпайская система до 1945 г. была системной II типа. С 1946 г. водообеспеченность системы повышалась, она начала получать воду из Каттакурганского водохранилища. Это позволило Нарпайской системе приблизиться к системе I типа. В результате качество водораспределения по этой системе за три последних десятилетия значительно улучшилось.

Дальверзинская система была построена как инженерная система первого типа. Хотя система вполне водообеспечена, но из-за плохой дисциплины водопользова-

ния качество водораспределения улучшилось незначительно.

План водораспределения на Дальверзинской системе выполняют за счет внеплановых водозаборов из р. Сырдарьи.

Гузарская система до 1967 г. была очень маловодной. С 1968 г., после пуска в эксплуатацию Пачкамарского водохранилища и реконструкции магистральных каналов, водообеспеченность этой системы резко повысилась. Теперь по условиям водопользования ее можно отнести к системам I типа. Пачкамарское водохранилище значительно облегчило водораспределение на Гузарской системе и способствовало резкому повышению показателей. Однако, по данным отдела эксплуатации САНИИРИ, средние показатели за 1968—1971 гг. ниже, чем возможные для системы первого типа. Только в исключительно многоводном 1970 г. были достигнуты более высокие значения показателей.

Приведенные данные свидетельствуют, что водораспределение имеет еще очень большие резервы. В первую очередь к ним относятся организационные меры, направленные на повышение дисциплины водораспределения, на достижение более высоких значений показателей P_1 , P_2 и P_3 , которыми, к сожалению, органы эксплуатации еще не пользуются.

Дальнейшее повышение качества водораспределения будет происходить путем полного зарегулирования стока всех используемых на орошение рек и внедрения автоматических систем управления (АСУ) на оросительных системах.

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

Очевидно, на оросительных системах, источники орошения которых еще не зарегулированы (Зеравшан, Сох и др.), экономически более эффективно сначала построить плотины для небольшого регулирования стока в короткие отрезки времени (декада, пятидневка). Такие плотины могут срезать суточные пики расходов источников и заполнять провалы, которые неблагоприятно отражаются на качестве водораспределения воды между

хозяйствами и на использовании воды в них. АСУ водораспределения на системах с таким регулирующим устройством будет более надежной и эффективной.

Последующий этап внедрения АСУ будет включать в себя учет объективной потребности хозяйств в оросительной воде.

Поскольку водопользование в хозяйствах тесно связано с другими сельскохозяйственными работами, то было бы неправильным создавать узкоспециализированные АСУ (только по водопользованию). Следовательно, АСУ хозяйств должны управлять агротехническим процессом хозяйства в целом. Эти комплексные хозяйства АСУ должны иметь связь с АСУ межхозяйственного водораспределения оросительной системы. Задачи АСУ хозяйства следующие: составлять оптимальный прогноз агротехнических работ на ближайшие дни; посылать в АСУ системы заявки на необходимое количество воды; получать от последней надежные сведения о предстоящей водоподаче хозяйству; повторно рассчитывать краткосрочный план агротехнических работ в хозяйстве и выдавать соответствующие команды.

В АСУ хозяйства должны быть заложены условие, что нельзя первый полив на всех полях сделать в оптимальные сроки, а также требование соблюдения определенного ритма поливов и других работ, исходя из возможностей как самого хозяйства, так и оросительной системы.

Только в очень далекой перспективе возможно ждать решения пропагандируемой сейчас задачи — осуществления водораспределения и полива на основе точного и непрерывного учета объективных физиологических показателей растений. Трудности решения этой задачи не только в ее кибернетической сложности, в несовершенстве датчиков или электроники, но и в непригодности современных оросительных систем поверхностного орошения. Конечно, на площади 100 га можно построить экспериментальную систему с увеличенными форсированными расходами, с непродолжительным использованием водоводов во времени, со сбросами воды, то есть с низким к. п. д. Но на миллионах гектаров пока трудно даже вообразить такую систему, напоминающую городской водопровод.

Если такие системы теоретически возможны, то только на базе подпочвенного орошения, закрытых водо-

водов и очистки воды, то есть когда каждому полю беспрерывно будет подаваться чистая вода расходом, равным гидромодулю, умноженному на площадь поля.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Дополнительные резервы оросительной воды можно изыскать в результате трех крупных мероприятий.

1. Полное зарегулирование стока Амударьи, Сырдарьи, Зеравшана и других позволит упорядочить русло рек и использовать поймы для интенсивного земледелия, за исключением заповедных или специальных территорий. Выигрыш здесь получается не от дополнительной воды, а от ликвидации безвозвратных потерь воды на транспирацию и испарение со свободной поверхности пойм (пески).

Превращение крупных рек в инженерные водотоки и народнохозяйственное использование сотен тысяч гектаров пойменных земель — крупное мероприятие, связанное со многими вопросами: судоходством, складированием наносов и использованием их, устройством береговых коллекторов для транспортирования испорченной воды, специальной агрономией пойменных земель. Этот комплекс вопросов требует исследований и проектных проработок.

2. Задача коренной мелиорации земель состоит не только в том, чтобы повысить их бонитет и продуктивность. Рассоление земель в перспективе позволит снизить годовое водопотребление. Некоторые земли вообще не надо будет промывать, а земли, переведенные в более благоприятный балл по засолению, потребуют сниженных норм промывок. Воду, подаваемую сейчас в невегетационный период для промывок, можно в значительной мере сохранить в водохранилищах и использовать для орошения.

Следует отметить, что в настоящее время вода в невегетационный период используется недостаточно полно. Ночью в связи с отсутствием контроля много воды направляется непосредственно в сбросную сеть. Очень часто вода на промывных полях прорывает временную сеть, валики и поступает в сбросную сеть. В результате этого коллекторная сеть переполняется, а фактические промывные нормы, измеренные в поле, а не рассчитанные по водозабору брутто, меньше плановых.

Рекомендации по улучшению качества промывок общеизвестны: хорошая планировка полей вплоть до осуществления горизонтальной плоскости на трудномелируемых землях, соблюдение агротехнических правил промывок. Кроме того, для повышения качества промывок большое значение будут иметь следующие мероприятия:

облегчение условий труда поливальщиков во время невегетационного водопользования (наличие надежных каналов, ограждений, сооружений), поэтому переустройство потребуется в первую очередь на мелиоративно неблагоприятных землях;

повышение эффективности дренажа, от которой также зависит темп рассоления, то есть скорейшая разработка и внедрение принципиально новых видов дренажа и дренажных устройств.

3. В Средней Азии воды дренажной (заурной) сети издавна использовали для орошения сельскохозяйственных культур. На такой сети устанавливали перемычки, запруды. Вода или деривацией подавалась на командную отметку, или периодически в нужное для посевов время подпиралась, поднимая уровень грунтовых вод под полями прибрежной полосы, — своего рода подпочвенное орошение. Наиболее широко дренажные воды применялись на территории Ферганской долины, имеющей уклоны от 0,005 до 0,002. На более крутых и пологих уклонах дренажную сеть не устраивали.

До 1946 г. дренажные воды не являлись существенной частью водных ресурсов (не более 2—3%). В дальнейшем коллекторно-дренажная сеть развилась настолько значительно, что на неблагоприятных в мелиоративном отношении территориях по удельной протяженности она почти сравнялась с внутрихозяйственной оросительной сетью.

Современные мощные коллекторно-дренажные системы собирают большой дренажный сток, транспортируют его и сбросную воду с полей и оросительной сети в реки или в понижения соседних с оазисами пустынь (табл. 43).

В связи с недостатком оросительной воды использование коллекторно-дренажных вод считается полезным. Однако степень использования коллекторно-дренажных вод и орошаемые ими площади многие годы в количественном отношении никем не определялись и оставались неучтенным внутренним резервом каждой области.

Таблица 43. Забор воды из источников орошения на полив и сток коллекторно-дренажных систем по областям УзССР (по данным отчетов ОблУОС за 1971 г.)

Область	Забор воды из источника орошения на полив, млн. м ³	Сток коллекторно-дренажных вод, млн. м ³	Отвод коллекторной сетью, % подачи на орошение	Примечание
Ташкентская	5169	2893	56	Используется полностью
Сырдарьинская	2070	1223	59	Используется частично
Ферганская	4188	2188	52,2	Используется полностью
Андижанская	4143	2274	55	То же
Наманганская	3339	2330	70	» »
Самаркандская	2800	585	20,4	» »
Бухарская	3162	632	20	Не используется
Кашкадарьинская	1119	102	9	» »
Сурхандарьинская	3052	723	23,7	» »
Хорезмская	3929	1904	48,5	» »
Каракалпакская АССР	6402	688	10,7	» »
Всего	39374	15542	40	

В Ферганской области, как указывалось выше, коллекторно-дренажные воды широко применяют для орошения. Первые крупные исследования в этом направлении были проведены САНИИРИ (А. У. Усманов, Г. В. Еременко, Р. А. Гейнц и др.) в 1963—1967 гг. (табл. 44).

Коллекторно-дренажную воду используют с июня до середины августа. За это время из коллекторов забирается от 140 млн. до 160 млн. м³ воды, то есть в среднем за три года 150 млн. м³. Половина воды забиралась самотеком с помощью запруд, половина — насосами. Забранные 150 млн. м³ равнозначны расходу 20—25 м³/с, что составляло в те годы по отношению к головному водозабору Ферганской области за весь вегетационный период всего 4,5—5%. Как правило, эта вода потребляется на месте. Использование коллекторно-дренажных вод равносильно увеличению головного водозабора примерно на 7—8%.

Аналогичные учеты в других областях Узбекистана показали, что, например, в 1974 г. было забрано более 2200 млн. м³ коллекторно-дренажной воды, что составило

Таблица 44. Водозабор из источников орошения Ферганской области и сброс коллекторно-дренажных вод за пределы (осредненные данные за 1964—1967 гг.)

Показатели	За год	За вегета- ционный период	За неве- гетацион- ный период
Водоподача из источников орошения и распределение стока по периодам:			
млн. м ³	4100	3160	940
средний расход, м ³ /с	130	200	60
%	100	77	23
Сброс за пределы области в устьях коллекторов и распределение стока сбросов по периодам:			
млн. м ³	2100	640	1460
средний расход, м ³ /с	66,6	40,6*	92,6
%	100	30	70
Отношение сброса к водозабору, %	51	20	155***
Минерализация сбросных вод в устьях коллекторов, г/л	2,24	3,0**	1,9
Вынос солей за пределы области, млн. т	4,7	1,92	2,78
Условный вынос солей с 1 га орошаемой площади (принято 300 тыс. га), т/га	15,7	6,4	9,3
То же, с 1 га мелиоративно неблагополучных земель (принято 200 тыс. га), т/га	23,5	9,6	13,9

* Кроме того, не доходит до устьев, а используется на орошение примерно 20—25 м³/с (июнь — середина августа).

** Средняя минерализация воды в первичных дренах на неблагополучной в мелиоративном отношении территории равна 4—6 г/л.

*** Сказывается сток осадков, гистерезис движения потоков грунтовых вод и прямые сбросы оросительной воды.

около 7% водозабора из рек. В маловодные 1974—1975 гг. в устьях коллекторов Ферганской долины и Голодной степи в вегетационный период расходы воды были мизерными. Расходы Сырдарьи в среднем и нижнем ее течениях резко снизились по сравнению с многолетними данными, одновременно возросла и минерализация речной воды.

Данные, приведенные в таблицах 43 и 44, свидетельствуют об экстенсивном хозяйственном использовании воды, особенно в невегетационный период. Следует обратить внимание на воду, сбрасываемую в условиях, когда коллекторно-дренажный сток уже не может использоваться для орошения нижерасположенной территории,

но даже и при возможности его последующего использования часть стока, забираемого в невегетационный период в верхних и средних течениях рек, можно было бы сохранить в верховых водохранилищах до лета.

При наличии низовых водохранилищ как будто все равно, ограничивать ли водоподачу верховым системам и сбрасывать воду вниз по рекам или не ограничивать подачу верховым системам, имея в виду неизбежность автоматического сброса рассредоточенными расходами через внутрихозяйственную сеть.

Первый вариант более рационален по следующим причинам:

1. При втором варианте несколько увеличиваются невосполнимые потери воды за счет возрастания испарения с водной поверхности оросительной и особенно коллекторно-дренажной сети;

2. Второй вариант не содействует воспитанию дисциплины водопользования; одна возможность легкого осуществления прямых сбросов на практике приводит к снижению доли стока оросительной воды, проходящей через толщу почвогрунтов и увеличению доли бесполезного в мелиоративном отношении поверхностного транзитного стока;

3. При втором варианте коллекторно-дренажная сеть более загружена, уровни воды в ней повышены, эффективность дренажа более низкая.

Большого внимания заслуживает проблема очистки минерализованных дренажных вод с целью повторного использования и сохранения качества воды в нижних течениях рек и внутренних озерах. Очистные станции следует располагать в устьях закрытых хозяйственных дренажных систем, а не на мощных открытых водотоках (крупные межхозяйственные коллекторы), обычно совмещающих функции трактов талых, дождевых, селевых и сбросных вод.

Индустрия опреснения вызовет необходимость ограничивать подачу воды хозяйствам оптимальной потребностью без наблюдаемых в настоящее время излишних форсировок. Мелиоративно-рассолительная система должна оканчиваться в хозяйствах. На территории хозяйства она не должна иметь никакой связи с оросительной и сбросной сетью, но после очистки вода может возвращаться в хозяйство для повторного использования или направляться в реку другим водопользователям.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авербух Р. М. Некоторые причины неравномерности увлажнения поля. — «Хлопководство», 1973, № 4.
- Будников Г. И. К решению прямой и обратной задачи теории бороздкового полива. — В сб.: Вопросы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, 1971, вып. 2.
- Валентини Л. А., Авербух Р. М. Подземный поливной трубопровод с гибкими шланговыми водовыпусками. — «Хлопководство», 1967, № 12.
- Лактаев Н. Т. Методы улучшения колхозного водопользования. — «Труды САНИИРИ», Ташкент, 1957, вып. 88.
- Лактаев Н. Т. Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработке результатов и обоснование этих указаний. Ташкент, «Наука», 1965.
- Лактаев Н. Т. Принципы переустройства внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети. — В сб.: Эксплуатация оросительных систем и пути ее улучшения. Научные труды ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1971.
- Лактаев Н. Т. Методика районирования орошаемых земель в целях применения наиболее рациональных способов и техники полива сельскохозяйственных культур. — В сб.: Техника полива сельскохозяйственных культур. Научные труды ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1972.
- Лактаев Н. Т., Будников Г. И. Переменный расход при бороздковом поливе. — «Труды САНИИРИ», Ташкент, 1974, вып. 141.
- Легостаев В. М., Коньков Б. С. Мелиоративное районирование. Ташкент, Госиздат УзССР, 1950.
- Петров Г. А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. М., Стройиздат, 1951.
- Режимы орошения и гидромодульное районирование по УзССР. Коллектив авторов под руководством В. М. Легостаева и М. П. Медниса. Ташкент, «Узбекистан», 1971.
- Сурип В. А. Совершенствование техники полива виноградников и садов на каменистых почвах. — В сб.: Водные мелиорации в СССР, М., «Наука», 1974.
- Шредер В. Р., Сафонов В. Ф., Паренчик Р. И. Районирование режимов орошения. — «Гидротехника и мелиорация», 1966, № 8.
- Щурова Л. Г. Гидравлический расчет оросительных лотков с равномерной раздачей поливного расхода в борозды. — В сб.: Гидравлика и гидротехника, Киев, 1971, № 13.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Теория бороздкового полива	5
Полевые исследования	9
Обзор применяемой техники полива	9
Методика полевых опытов	15
Камеральная обработка	17
Классификация почвогрунтов по водопроницаемости	21
Классификация орошаемых земель по уклонам	24
Типовые сочетания водопроницаемости почвогрунтов и уклонов местности	24
Нормативы техники полива	26
К. п. д. техники полива — критерий оптимизации	26
Исходные условия решения задачи	28
Расчет нормативов полива	38
Уточнение оросительных норм и к. п. д. техники полива в производственных условиях	43
Районирование орошаемых земель	43
Оросительные нормы и к. п. д. техники полива в производственных условиях	48
Годовые оросительные нормы и коэффициент использования воды	57
Народнохозяйственный коэффициент использования воды при орошении	64
Совершенствование техники бороздкового полива и ожидаемая эффективность	67
Теоретическое обоснование полива переменной струей. Ожидаемая эффективность	67
Полив по бороздам машинами в движении	71
Обработка ложа борозд	74
Планировка поверхности орошаемого поля	76
Оценка способов орошения и методика районирования орошаемых земель	77
Факторы, обуславливающие способы и технику полива	77
Выбор способа орошения в аридной зоне	79
Районирование орошаемых земель по способам и технике полива	87
Проектирование поверхностного орошения по бороздам	91
Достоинства и недостатки поперечной схемы полива	91
Расчетные поливные нормы и коэффициент форсировки	95
Участки полеводческих бригад и расчетный расход участкового оросителя	95
Основные схемы технологии бороздкового полива	98

Привязка схем полива	109
Особенности проектирования поверхностного орошения в предгорной зоне	111
Совершенствование поверхностного полива	115
Основы проектирования и эксплуатационная оценка поливных устройств	115
Лотки автоматизированного полива	122
Стационарные (закрытые) трубопроводы автоматического полива	125
Переносные гибкие поливные трубопроводы	129
Переносные полужесткие поливные трубопроводы	132
Поливные шланговые машины	133
Поливные машины с жестким трубопроводом	136
Переустройство внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети	138
Основные принципы	138
Особенности составления генеральных планов	143
Особенности составления технорабочих проектов	145
Организационные вопросы	146
К. п. д. внутрихозяйственных и межхозяйственных систем. Повышение водообеспеченности	148
Синхронность между подачей воды хозяйству и использованием ее на полях	148
К. п. д. внутрихозяйственной системы	153
К. п. д. межхозяйственных систем	161
Улучшение межхозяйственного водораспределения	163
Дополнительные резервы водных ресурсов	169
Указатель литературы	174

Николай Тимофеевич Лактаев

ПОЛИВ ХЛОПЧАТНИКА

Редактор Г. П. Попова

Художник В. М. Лукьянов

Художественный редактор Н. Ф. Шлезингер

Технический редактор Н. В. Суржева

Корректор А. И. Кудрявцева

ИБ № 788

Сдано в набор 7/VI 1977 г. Подписано к печати 13/IX 1977 г.
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Усл.-печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 10,07.
Изд. № 209. Тираж 5000 экз. Заказ № 2768. Цена 40 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
103716, ГСП, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19

Типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств,
полиграфии и книжной торговли, г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.