

K-19

D-1396

И.985

6/6

6/6

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ  
ИНСТИТУТ

|       |      |
|-------|------|
| Вх.   | 1857 |
| от 30 | 1966 |

# ТЕХНИКА ОРОШЕНИЯ

(ЗОНА ХЛОПКОСЕЯНИЯ)

Ф. Дукарману В.А.  
1966

Доклад, представленный на соискание ученой степени  
доктора сельскохозяйственных наук, по совокупности  
опубликованных работ

ТАШКЕНТ — 1966

Публичная защита диссертации состоится на заседании  
Ученого совета Новочеркасского инженерно-мелиоративно-  
го института.

„30“ июня 1966 г.

Замечания и отзывы в 2-х экземплярах, заверенных пе-  
чатю учреждения, просим выслать на имя ученого секре-  
таря Совета по адресу: г. Новочеркасск, Ростовской обла-  
сти, ул. Пушкинская, дом № 111, НИМИ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| В В Е Д Е Н И Е                                                                                         | 5  |
| 1. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ<br>СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ТЕХНИКА<br>ПОЛИВА              | 8  |
| 2. ТЕОРИЯ И РАСЧЁТ ТЕХНИКИ ПОЛИВА                                                                       | 18 |
| а) Расчет величины расхода в поливных<br>бороздах                                                       | 26 |
| б) Расчет длины борозды                                                                                 | 33 |
| в) Методика полевых исследований                                                                        | 39 |
| 3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ<br>СПОСОБОВ ПОЛИВА В ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ<br>СИСТЕМАХ         | 45 |
| 4. ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ ПОВЕРХНОСТНОГО<br>ПОЛИВА В ЗАКРЫТЫХ НИЗКОНАПОРНЫХ ОРОСИ-<br>ТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ | 54 |
| 5. ТЕХНИКА ПОЛИВА В ВЫСОКОНАПОРНЫХ И КОМБИ-<br>НИРОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ                         | 62 |
| 6. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПОЛИВА                                                                         | 66 |
| 7. ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ                                                              | 86 |

---

## ВВЕДЕНИЕ

Многовековая история орошения сельскохозяйственных культур характеризуется развитием и совершенствованием поверхностных способов полива — затоплением, напуском и по бороздам. Применение их основано на различных способах распределения и регулирования, стекающих под влиянием силы тяжести (самотеком) струй воды по искусственным земляным руслам — каналам, полосам, чекам, грядкам и бороздам.

Только в конце прошлого, начале текущего столетия техника орошения начала подвергаться механизации, под которой мы понимаем не только использование двигателей и машин, но и других современных технических средств и сооружений для подачи и распределения воды на поле, существенно повышающих экономическую эффективность и качество полива.

В СССР широкая механизация сельского хозяйства шла одновременно с социалистической реконструкцией и коллективизацией. Однако полив подвергался механизации значительно слабее, чем остальные сельскохозяйственные работы. Доля трудовых затрат на полив, которая до коллективизации составляла в хлопководческих хозяйствах 6-8% от всех полевых работ, выросла в настоящее время до 20%.

Отставание механизации объясняется тем, что полив наиболее сложный вид сельскохозяйственных работ, включающий транспортирование, распределение воды и увлажнение

почвы до заданной глубины. Способствовали отставанию также наличие до последнего времени неиспользованных водных ресурсов, отсутствие острой необходимости проведения сравнительно дорогих работ по борьбе с потерями воды на поле и, в известной мере, различия во взглядах как среди научных работников, так и производителей по коренным вопросам техники орошения — перспективности дождевания и закрытых оросительных систем.

Предстоящие большие работы по развитию орошения, регулированию стока и использованию водных ресурсов в течение 10–15 лет превратят существующее теперь требование повысить эффективность использования воды и сократить потери в главную задачу ирригации. Одновременно интенсификация сельского хозяйства СССР, рост технической оснащенности и размеров капиталовложений создают новые реальные возможности совершенствования ирригационных систем и техники полива.

Недооценка значения этих новых условий, утверждение, что и при существующей технике орошения можно получать неплохие результаты, или что в настоящее время еще нет достаточно хороших технических и экономических решений для коренного улучшения техники полива — чреваты опасностями. Это приведет к задержке реконструкции существующих ирригационных систем, а многие сооружаемые сейчас новые системы в условиях быстрого технического прогресса в нашей стране, могут оказаться устаревшими уже в период их ввода в эксплуатацию.

В то же время попытки широкого применения недостаточно проверенных или несоответствующих данным хозяйственным и природным условиям способов орошения приведут к их дискредитации и к значительным материальным потерям.

Основой для перехода к более совершенной технике орошения как на уже введенных в сельскохозяйственный оборот землях, так и на новых объектах освоения должны служить большие теоретические исследования и практические работы по технике орошения, выполненные в последнее время советскими и зарубежными учеными и практиками. Поэтому анализ имеющихся материалов по изучению более совершенной техники орошения, определение её перспективности для различных хозяйственных и природных условий (районирование) является в настоящее время одной из наиболее важных задач.

Нами практическая работа по орошению была начата в 1925 году на Чиназском агроучастке (УзССР), а исследования в этой области в 1930 году в Среднеазиатском научно-исследовательском Институте ирригации (СНИИРИ). Затем с 1953 г. в Ташкентском Институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (ТИИМСХ). За это время проводились экспериментальные работы в Голодной степи, Ферганской долине, Южном Хорезме и Кара-Калпакской АССР. Основные направления исследований: теория, расчет и проектирование техники полива и планировки орошаемых земель, вопросы совершенствования техники полива по бороздам из обычной оросительной сети, из лотков, из низконапорных закрытых систем и районирование техники полива.

Из опубликованных по теме диссертации 31 работы (список которых приложен в конце), для защиты представляются шесть. Ссылки на опубликованные работы обозначаются номерами (в квадратных скобках), под которыми они помещены в приложении. Номера формул и таблиц, помещенных в докладе, даны в круглых скобках.

#### ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ТЕХНИКА ПОЛИВА

На проектирование техники полива существенное влияние оказывает ряд показателей режима орошения. К ним следует отнести расчетную глубину увлажнения почвы (диапазон колебания этой величины в разных условиях), размеры годовых оросительных норм и соотношение потребления воды в вегетационный и невегетационный периоды.

В зависимости от нужной глубины увлажнения меняются агротехнические, экономические результаты применения разных способов и техники орошения и величина потерь воды. Например, для глубокого увлажнения не очень сильно проницаемой почвы использование машин с высокой интенсивностью дождя может оказаться совсем неприемлемым. Наоборот, при поливе многих почв по бороздам достаточной длины невозможно достичь равномерного увлажнения малыми нормами, особенно в начале оросительного сезона.

Существенно меняются экономические показатели разных способов орошения с изменением величины оросительной нормы,

большая величина её может ограничивать применение способов орошения с более высокими затратами на единицу поданной воды.

Сильно меняются условия использования различной техники и способов орошения в вегетационный и невегетационные периоды; например, применение ряда машин и переносных трубопроводов очень осложняется в дождливое и холодное время года. Поэтому учёт этих показателей режима орошения имеет большое значение.

Расчетная глубина увлажнения почвы должна быть меньше глубины корневой системы, так как в нижних корнеобитаемых слоях почвы остается ко времени проведения очередного полива некоторое количество неиспользованной влаги при условии, что почва была предварительно (например, в невегетационный период) промочена во всей корневой зоне.

Ценные данные по определению расчётной глубины увлажнения почвы хлопкового поля получены С.Н.Рыжовым, В.Е.Еременко, Н.К.Балябо, Б.В.Федоровым. Нами для определения расчётной глубины увлажнения хлопкового поля в фазы до цветения и цветения - плодообразования получена следующая зависимость:

$$H_p = K H_k \quad (1)$$

где 
$$K = \frac{m}{n m_1} = \frac{100}{\alpha n}$$

$H_p$  - расчётная глубина увлажнения;

$H_k$  - глубина корневой системы;

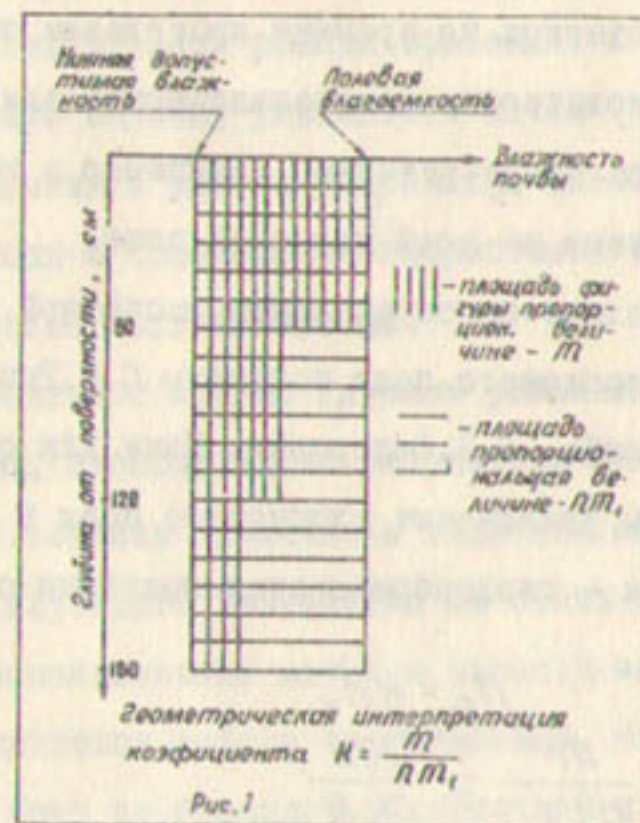
$m$  - объем воды, израсходованной из всей толщи почвы на испарение и транспирацию;

$m_1$  - объем легкодоступной влаги в первом (верхнем) слое почвы (полностью расходуется за междоливной период);

$n$  - число равных по толщине слоев, на которые разбивается корнеобитаемый горизонт почвы;

$\alpha$  - количество воды, израсходованной из верхнего слоя в процентах от израсходованной влаги из всей почвенной толщ.

Геометрическая интерпретация значения коэф. (K) в формуле (I) представлена на рис. I.



В период созревания, когда хлопчатник должен завершать расходование легкодоступной влаги, не следует увлажнять нижние слои почвы (глубже 0,6 м), из которых она расходуется медленно.

Используя имеющиеся литературные материалы о величине расхода воды из разных по глубине слоёв хлопкового поля (Стронг, Кранц, Свонсон), нами получено по формуле (I) значение коэффициента (K) и вычислена необходимая глубина промачивания. При глубоких грунтовых водах на мощных почвах для фазы до цветения она колеблется в пределах 0,5–0,7 м, а в фазу цветения–плодообразование 0,8–1,0 м.

При близких слабоминерализованных грунтовых водах в однородных суглинистых почвах, обладающих хорошими капиллярными свойствами, расчётная глубина увлажнения составляет всего 0,25–0,4 м. В слоистых глинах она может быть больше. Повышение минерализации грунтовых вод также связано с увеличением поливных норм.

Данные по величине расхода воды из разных слоёв почвы хлопкового поля позволили также установить, приблизительно, что на полную глубину корневой зоны (120–180 см) достаточно промочить почву один раз в году и, что это целесообразно делать только в невегетационный период. В ранние фазы вегетации полив, необходимыми для этого большими нормами, нежелателен (ухудшает условия развития растений), а в фазу цветения глубокое промачивание трудно осуществимо вследствие ухудшения проницаемости почвы и резкого возрастания транспирации и испарения.

Эти цифры показывают, что диапазон глубины увлажнения почвы, необходимый для возделывания хлопчатника и входящих с ним в севооборот культур достигает в разные фазы развития и в различных природных условиях значительной величины (от 0,25 до 2,0 м) и, следовательно, система проектируемой техники орошения должна обеспечить возможность эффективного промачивания почвы на нужную глубину.

Существенно меняется соотношение величины оросительной нормы (и требования к технике полива) в невегетационный и вегетационный периоды. На хорошо дренированных нижних террасах верхнего и среднего течения рек с близкими пресными грунтовыми водами лугово-сероземными, луговыми и лугово-болотными почвами потребность в орошении в невегетационный период, как правило, отсутствует. На верхних дренированных террасах речных долин с глубокими грунтовыми водами, мощными сероземами на лёссе, орошение в невегетационный период производится только как влагозарядка и расход воды в этот период составляет 20-40% от общей (годовой) оросительной нормы хлопчатника. На подверженных сезонному засолению землях, в зависимости от глубины и минерализации грунтовых вод, расход в невегетационный период может колебаться в пределах 30-75% от годовой оросительной нормы.

При проектировании систем техники орошения важнейшее значение имеет решение вопроса об оптимальном режиме грунтовых вод. Использование растениями значительных количеств близких слабоминерализованных грунтовых вод, образующихся за счет фильтрационных потерь в системе компенсирует в известной мере более высокое испарение влаги в поле и позволяет обычно уменьшить вегетационные оросительные нормы. Это привело к возникновению взглядов о нецелесообразности проведения работ по борьбе с потерями на фильтрацию в таких условиях. Однако суммарный годовой расход воды на единицу фактически орошаемой площади может быть значительно выше на землях, с близкими в разной степени минерализованными грунтовыми водами.

Для слабодренированных земель, когда можно пренебречь оттоком и притоком грунтовых вод, приняв, что размер искусственного дренажа определяется условием равенства между количеством выносимых солей и количеством поступающих солей с оросительной и используемой растениями грунтовой водой, нами для подсчета величины суммарного расхода воды на гектар орошаемой площади из источника орошения при близких и глубоких грунтовых водах предложены следующие приближенные зависимости:

$$M(H) = \delta \frac{M_x(H) + \frac{1+\mu}{\mu} M_n(H) - \frac{O_c}{\mu}}{K_{ТС} K_{ТЛ}} \quad (2)$$

$$M = \frac{M_x - O_c}{K_{ТС} \cdot K_{ТЛ}} \quad (3)$$

где:  $M_x(H)$  и  $M_x$  - годовая величина транспирации и испарения с хлопкового поля  $\text{м}^3/\text{га}$  для близких и глубоких грунтовых вод;

$M_n(H)$  - годовая транспирация и испарение с необрабатываемой площади  $\text{м}^3/\text{га}$ , на которой происходит подъем грунтовых вод за счет потерь в системе;

$O_c$  - осадки, идущие на пополнение почвенной влаги  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

$\mu = \frac{\omega_o}{\omega}$  - отношение фактически орошаемой площади ко всей площади на системе с высокими грунтовыми водами;

$\delta$  - коэффициент, зависящий от минерализации грунтовой воды (величина его от 1,0 до 1,3);

$K_{ТС}$  и  $K_{ТЛ}$  - коэффициенты полезного действия транспортирующей части системы и техники полива (поля).

Результаты расчетов по формулам (2) и (3) приведены в таблице I. Значения  $M_x (H)$  для разной глубины грунтовых вод взяты по данным Д.М.Каца, полученным им в Бухарской области. Значения  $M_n (H)$  по данным Ф.М.Рахимбаева для Хорезмской области.

Таблица I

Суммарный (годовой) расход воды на гектар орошаемой площади при разной глубине грунтовых вод (вычислен по формулам 2 и 3)

| Средняя за вегетацию<br>(май-сентябрь) глубина<br>грунтовых вод, м | Годовая оросительная<br>норма брутто, м <sup>3</sup> /га |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 1,0                                                                | 22 000                                                   |
| 1,5                                                                | 18 000                                                   |
| 2,0                                                                | 12 000                                                   |
| Глубокие грунтовые воды                                            | 15 000                                                   |

По данным таблицы I расход воды на единицу площади при близких слабоминерализованных грунтовых водах становится меньше, чем при их глубоком залегании, когда средняя за вегетацию глубина приближается к 2 м. Такая средняя глубина наблюдается на сравнительно хорошо дренированных частях рассматриваемой территории. На землях с наиболее распространенной средней глубиной грунтовых вод в вегетационный период 1,0–1,5 м. расход воды на га составляет 115–140% по отношению к таковому на землях с глубокими грунтовыми водами.

Отчетные данные управлений оросительных систем УзССР за ряд лет показывают, что удельный годовой водозабор из источника орошения обычно на 1000–3000 м<sup>3</sup>/га (до 20%) выше в областях и районах с близкими слабоминерализованными грунтовыми водами и подверженными засолению почвами.

Очевидно, наиболее низкие удельные на единицу площади затраты воды возможны в условиях, когда грунтовые воды в период их интенсивного расхода имеют глубину, близкую к критической, следовательно, весь комплекс мелиоративных мероприятий: дренаж (глубина и расстояние), борьба с потерями в оросительной сети и на поле (техника орошения), должен проектироваться с учетом этого положения.

Чтобы установить зависимость техники полива от режима орошения, очень важно уточнить понятие о КПД оросительной системы и его составных элементов в разных условиях.

Характеристика оросительных систем по величине коэффициента полезного действия должна отражать величину потерь воды во всех её звеньях — в транспортирующей части и на поле.

$$KOC = \frac{\Pi\Pi}{\Pi C} \cdot \frac{P\Pi}{\Pi\Pi}$$

$KOC$  — коэффициент полезного действия оросительной системы;

$\Pi\Pi$  — объем воды, поданной на поле;

$\Pi C$  — объем воды, поступающей в систему;

$P\Pi$  — расход влаги из почвы на транспирацию и испарение. (Определяется как разница запасов воды в почве до и после полива, с поправкой на расход её за время между двумя замерами).

Так как не всякий запас влаги в корнеобитаемом слое имеет одинаковую ценность для создания урожая, например, избыток влаги в период созревания хлопчатника и равный недостаток в период цветения, балансируясь, в то же время резко снижает урожай (Франк, Орозлани и другие), то правиль-

нее написать [31] .

$$KOC = \frac{\pi\pi}{\pi c} \cdot \frac{\varphi\pi}{\pi\pi} \cdot \frac{o\pi u}{\varphi\pi}$$

$o\pi u$  - оптимальная величина транспирации и испарения при высокой агротехнике в условиях глубоких грунтовых вод.

$$\text{Или иначе} - KOC = K\pi c \cdot K\pi\pi \cdot K\varphi o \quad (4)$$

$K\pi c$  - КПД транспортирующей части системы;

$K\pi\pi$  - КПД техники полива;

$K\varphi o$  - КПД режима орошения

Величина  $K\varphi o$  должна определяться на агротехнических опытных станциях. Методика определений нуждается в уточнении. Очевидно, необходимо вычислять  $K\varphi o$  для критических периодов развития основной культуры, или разных культур севооборота, учитывая долю занимаемой ими площади.

В равнинах с слабой естественной дренированностью, где фильтрующаяся из каналов и с полей вода расходуется на транспирацию и испарение раздельное написание коэффициентов  $\frac{\pi\pi}{\pi c}$  и  $\frac{\varphi\pi}{\pi\pi}$  не имеет смысла (последняя величина может быть в этом случае больше единицы), тогда [31]

$$KOC = \frac{\varphi\pi}{\pi c} \cdot \frac{o\pi u}{\varphi\pi} \quad (5)$$

Величина  $\varphi\pi$  в этих условиях может быть определена следующим образом:  $\varphi\pi = \pi c - u\pi\pi - D$

где:  $u\pi\pi$  - испарение и транспирация с перелогов и других неорошаемых земель (за вычетом доли осадков, идущих на увеличение почвенной влажности) за счет потерь воды в системе;

$D$  — дренажный сток грунтовой и сбросной воды.

Размеры испарения и транспирации должны определяться с помощью лизиметров и испарителей.

Величина КПД (коэффициент полезного действия техники полива) меняется в широких пределах (0,45–0,80), в зависимости от техники орошения и конструкции оросительной системы. Материалов по определению фактических КПД имеется очень мало, поэтому можно с достаточной достоверностью привести лишь косвенные, сравнительные показатели величины КПД в разных условиях по данным о величине оросительных норм. Произведенный анализ таких данных по отечественным и зарубежным источникам показывает, что при орошении дождеванием величина оросительной нормы в среднем составляет около 0,75  $m_f$  ( $m_f$  — оросительная норма при поливе по бороздам из обычной ирригационной сети). Более высокий КПД при дождевании объясняется меньшими потерями воды в поле на глубокое просачивание и сброс. При орошении поверхностными способами из закрытой оросительной сети эта величина колеблется от 0,87 до 0,93 <sup>$m_f$</sup>  за счет сокращения потерь в оросительной сети на участке.

КПД режима орошения (КРО) на системах, с зарегулированным стоком, или при благоприятном естественном режиме источника орошения и глубоких грунтовых водах имеет значительную величину (0,85–0,95). В этих условиях суммарная транспирация и испарение (РП) в течение всего вегетационного периода близка к оптимальной (ОИТ).

В условиях аридной зоны хлопководства, при близких грунтовых водах, значение КРО уменьшается вследствие увеличения коэффициента транспирации и испарения воды из почвы. Например, при глубине грунтовых вод в вегетационный период около 1 м в низовьях Зеравшана и Аму-Дарьи (КРО) составляет 0,45–0,50.

#### ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ ТЕХНИКИ ПОЛИВА

Техника полива является одним из важных звеньев, которое определяет условия проектирования орошения на новых землях, переустройства существующих ирригационных систем, их эксплуатации и производства сельскохозяйственных продуктов на орошаемых землях.

Однако, проектные организации и орошаемые хозяйства, даже наиболее крупные, располагающие развитой ирригационной системой и кадрами опытных специалистов, обычно определяют элементы техники полива на основе имеющегося опыта, который часто отражает местные временные условия (например, отсутствие хорошей планировки поверхности), а иногда и устаревшую практику.

Большие экспериментальные работы по технике полива, проведенные различными научно-исследовательскими организациями и самими хозяйствами, позволяя накопить ценный материал, часто давали неполные или противоречивые результаты, имевшие преимущественно локальное значение, вследствие значительной сложности происходящих при поливе явлений и многообразного сочетания природных и хозяйственных факторов.

Между тем, для разработки рекомендаций применительно к различным природным зонам и хозяйственным условиям и для проектирования крупных ирригационных систем привлечение теории к расчету техники полива обязательно. Только такой путь даст возможность определить нужные элементы и достаточно точно выявить их связь с характером почвы, её исходной влажностью, глубиной рыхления, уклоном поверхности и степенью спланированности поля.

Совместные теоретические и экспериментальные исследования по определению элементов техники полива позволяют рационально решать вопросы механизации и автоматизации полива, выбирая наиболее выгодные условия. Теоретическое обоснование и расчет полива позволяют оценить размер возможных потерь воды, земельной площади, труда и определить эффективность затрат при различных вариантах величины определяемых элементов.

При современном уровне наших знаний теоретические исследования по технике полива не позволяют исключить экспериментальные работы, но в результате известной схематизации явлений они дают возможность значительно сократить объем эксперимента, а главное достичь гораздо большей результативности исследований.

При проведении теоретических исследований по технике полива следует концентрировать внимание на основных способах полива. Более 90% всей орошаемой площади хлопкосеющих районов поливают по бороздам, из открытых оросительных каналов. Полив напуском и затоплением, которые вызывают

образование сплошной корки на незащищенном растительным покровом поле, применяют только для входящих в севооборот не-пропашных культур. Первый из этих двух способов применяется на землях с достаточно выраженным уклоном поверхности (0,001-0,002 и больше), второй при меньших уклонах, главным образом, для промывки подверженных засолению земель, которые подвергаются для этого преимущественно горизонтальной планировке. Пропашные культуры на горизонтально спланированных участках поливаются по тупым бороздам внутри чеков. После смыкания растений часто переходят на полив и пропашных культур затоплением. Затоплением поливается рис и другие культуры в севообороте с рисом.

Изучение полива по тупым (наполняемым водой) бороздам проводилось в совхозе Балут I в предвоенный период. Результаты исследований опубликованы в 1948 году [5]. Эти исследования имели задачей выяснить величину и равномерность увлажнения почвы по длине борозды: при быстром однократном наполнении большой струей, нескольких повторных наполнениях и при наполнении с последующим подпитыванием малой струей, на землях с различным уклоном.

В тупой наполняемой борозде прямой замер расхода воды на различном расстоянии от её головы невозможен. Поэтому был принят следующий метод: замерялась скорость впитывания воды в двухметровых отрезках борозд, затем производился расчет величины впитывания на разных участках борозды, по продолжительности увлажнения их и размерам смоченной поверхности. Такая методика позволила выяснить распределение

впитавшейся воды по длине борозды, в процессе полива, в выделенные нами три периода: от начала полива до прихода струи к концу борозды, от прихода струи к концу борозды до окончания её наполнения, от окончания наполнения до полного впитывания воды в почву — рис. 2 и таблица 2.

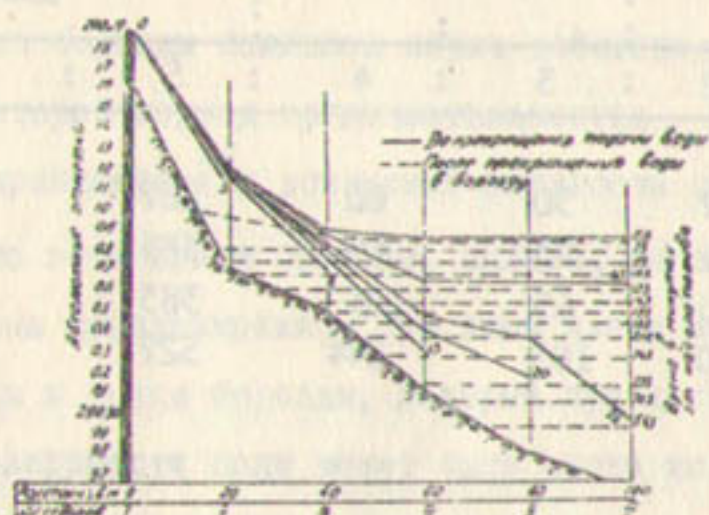


Рис. 2. Процесс полива борозды. Впитывание воды в почву и полное наполнение борозды.

Для проведения опытов на разном расстоянии от головы борозд (через каждые 20 м) разбивались створы, оборудованные на гребнях борозды двумя кольшками и водомерной реечкой в дне борозды с делениями через 2 мм. От укладываемой на кольшки линейки производился замер поперечного сечения борозды, а по рейке замерялся горизонт воды в борозде. Отметки кольшков и нули реек связывались нивелирным ходом, что позволяло наносить на поперечный профиль борозды уровень воды и определять все гидравлические элементы: живое сечение, смоченный периметр и ширину зеркала воды.

Таблица 2

Количество впитавшейся воды по длине наполняемой борозды (третий полив, расход в борозду 1 л/сек, уклон дна 0,0022)

| Расстояние от начала борозды | Впиталось воды, м <sup>3</sup> /га |               |            |       | Отношение к-ва впитавшейся воды к средней по длине борозды |
|------------------------------|------------------------------------|---------------|------------|-------|------------------------------------------------------------|
|                              | за 1-й период                      | за 2-й период | 3-й период | всего |                                                            |
| 1                            | 2                                  | 3             | 4          | 5     | 6                                                          |
| 00                           | 237                                | 50            | 00         | 287   | 0,51                                                       |
| 20                           | 264                                | 73            | 48         | 385   | 0,69                                                       |
| 40                           | 195                                | 65            | 123        | 383   | 0,69                                                       |
| 60                           | 180                                | 103           | 244        | 527   | 0,95                                                       |
| 80                           | 162                                | 192           | 443        | 797   | 1,44                                                       |
| 100                          | 000                                | 405           | 600        | 1005  | 1,81                                                       |
| Среднее по всей борозде      | 173                                | 148           | 243        | 564   | 1,0                                                        |

Результаты исследований показали, что полив по тупым бороздам дает лучшие результаты на практически горизонтальной поверхности и поэтому этот способ следует применять, главным образом, на землях, получающих горизонтальную планировку, например, в подверженных засолению районах. Длина борозд в этом случае небольшая и определяется величиной чека, рассчитываемого на полив затоплением, а размер струи в борозду зависит от её пропускной способности.

При поливе по сквозным бороздам, с увлажнением почвы свободно стекающей струей, можно выделить два существенно различных периода: добегания и доувлажнения. За первый, лоб струи в течение времени  $t_1$ , проходит путь от головы до конца борозды. Количество впитавшейся воды в почву при этом убывает по длине борозды до нуля в её хвосте, а средняя по всей длине борозды поливная норма добегания составляет  $m_1$ .

Во второй период продолжительностью  $t_2$  решается задача выравнивания<sup>х)</sup> и доведения влажности почвы до заданной глубины по всей длине борозды, выливая дополнительную норму  $m_2$  (норма доувлажнения). При этом имеет место некоторый сброс воды в конце борозды, который при достаточно большом уклоне поверхности поля может быть снова использован в хозяйстве. В условиях малых уклонов для этого требуется производить механический подъем сбросной воды.

Нужная равномерность увлажнения по всей длине борозды может быть достигнута лишь при определенных значениях  $t_2/t_1$  и  $m_2/m_1$ . Допустимые пределы этих отношений заключены в довольно узких границах, так как с увеличением  $t_1$  возрастает разница в глубине увлажнения почвы по длине борозды, что требует и соответствующего увеличения  $t_2$  для выравнивания влажности. Существенное значение при этом имеет и допустимая величина сброса — рис.3.

х) Равномерность увлажнения по длине борозды можно определять отношением  $m_n/m_0$ , где  $m_0$  и  $m_n$  поливные нормы в начале и в конце борозды.

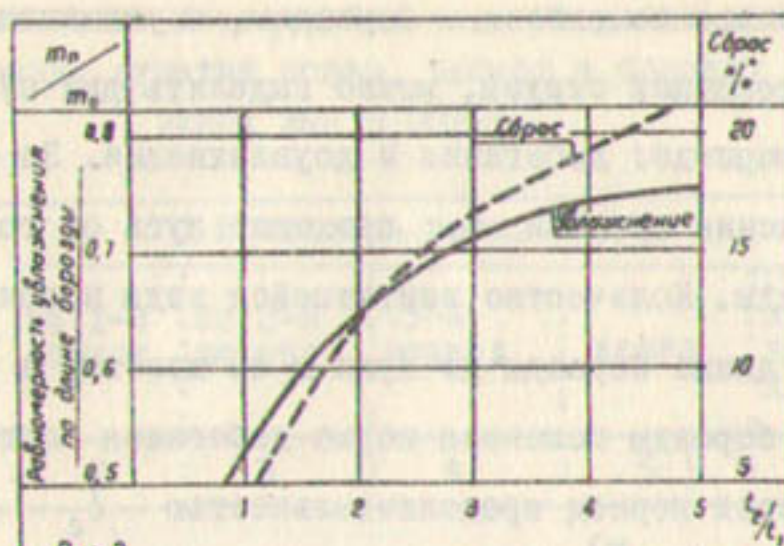


Рис. 3

Равномерность увлажнения и сброс при разном соотношении продолжительности периодов добега и доувлажнения.

Из рисунка 3 видно, что более высокая равномерность увлажнения по длине борозды получается при больших значениях  $t_2/t_1$ , однако, когда эта величина становится равной 2,7-3,0 рост равномерности увлажнения резко уменьшается, а процент сбросной воды быстро возрастает. Большое количество проделанных расчетов позволило установить, что такая зависимость сохраняется для большинства случаев. Следовательно выбор  $t_2/t_1$  зависит от заданной равномерности увлажнения  $m_n/m_o$ . Величина эта может колебаться в пределах 2,0-3,0. Только на землях, с близкими пресными грунтовыми водами можно допускать несколько меньшую величину  $t_2/t_1$ .

В климатических условиях аридной хлопковой зоны необходимость завершать полив и послеполивную обработку участка

в весьма сжатые сроки накладывает очень жесткие ограничения на допустимую общую продолжительность полива  $t = t_1 + t_2$ . Как правило, она не должна быть больше одних-полтора суток, допуская некоторое увеличение этого срока в очень неблагоприятных условиях — плохая проницаемость почвы, большие уклоны поверхности. Общая величина поливной нормы  $m = m_1 + m_2$  также ограничена — в вегетационный период условием поддержания нужной влажности в корнеобитаемом слое почвы.

Наличие довольно жестких пределов значений  $t$  и  $m$ , и ограниченная величина допустимых колебаний отношений  $t_2/t_1$  и  $m_2/m_1$  облегчают задачу определения возможных значений  $t_1$  и  $m_1$  ( $t_1 = \frac{t}{1 + t_2/t_1}$ ) и их оптимальной величины. Последнее имеет значение при установлении такого важного элемента техники полива, как длина поливной борозды. Ее можно определить как путь, который будет пройден лбом стекающей в борозде струи при оптимальных значениях  $t_1$  и  $m_1$ . Поэтому при расчете техники полива должны решаться следующие задачи:

1. Определение оптимальной величины расхода в борозды в период добегаания  $q$  ;

2. Установление зависимости между расстоянием, пройденным лбом струи  $X$  , затраченным временем  $t_1$  и израсходованным за это время количеством воды  $m_1$  ;

3. Определение длины поливной борозды при значениях  $t_1$  и  $m_1$  , выбранных из условий заданной равномерности увлажнения по длине борозды.

До накопления достаточно большого материала по определению допустимых пределов отношений  $t_2/t_1$  или  $m_2/m_1$  может возникнуть необходимость проводить расчет и второго периода полива (периода доувлажнения) для разных условий.

Расчет величины расхода в поливных бороздах.

Полив с подачей большого расхода в каждую борозду позволяет пользоваться более длинными поливными бороздами, что повышает производительность труда и снижает стоимость полива. Поэтому оптимальным следует считать тот наибольший расход в бороздах, который еще не вызывает вредных последствий: размыва почвы на больших уклонах или чрезмерного уплотнения её при переполнении борозд [18].

Очень важно определить те уклоны, при которых происходит изменение условий, определяющих верхние пределы допустимого расхода в борозду. Проведенные нами исследования [18] показали, что такой границей можно считать уклоны 0,002–0,003. На этих и меньших уклонах, при возможной величине расхода в бороздах, опасность существенного размыва почвы практически отсутствует и предельный расход определяется пропускной способностью борозды.

Исследования по определению пропускной способности поливных борозд проводились Н.Т.Лактаевым, А.Н.Ляпиным, В.Ф.Носенко и С.М.Кривовязом. В практических указаниях по технике полива распространены рекомендации наполнять борозды на 1/3 их общей глубины однако, вследствие отсутствия данных о возможной глубине борозды в разных условиях она

при расчете пропускной способности поливных борозд принималась постоянной, равной 5-6 см.

Проводившиеся нами в течение ряда лет экспериментальные работы по определению пропускной способности поливных борозд (окончательные результаты опубликованы в 1963 г.

[26] и [28]) показали, что глубина наполнения не должна, во избежание чрезмерного уплотнения почвы, образования прорывов и переливов, быть больше глубины их выемки и что в таком мелком канале, как поливная борозда, допустимая глубина сильно зависит от степени спланированности поля.

Возможная общая глубина борозды  $H$  зависит от ширины междурядий. На основании изучения влияния микрорельефа на движение воды в бороздах и замеров поперечного сечения борозд получено, что глубина выемки  $H_s = 0,6 H$ , а допустимая глубина наполнения борозды  $h_o = 0,6 H - 2 \Delta$ , где  $\Delta$  - точность планировки поверхности поля (возможное отклонение фактической отметки от проектной) - таблица 3.

Таблица 3

Возможная глубина борозд и допустимая глубина их наполнения при уклоне дна меньше 0,003

| Ширина междурядий, см | Возможная глубина борозды, см | Допустимая глубина воды в борозде, см при |                         |                         |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                       |                               | $\Delta = 3 \text{ см}$                   | $\Delta = 4 \text{ см}$ | $\Delta = 5 \text{ см}$ |
| 100                   | 29                            | 11                                        | 9                       | 7                       |
| 80                    | 25                            | 9                                         | 7                       | 5                       |
| 60                    | 19                            | 6                                         | 4                       | 2                       |
| 45                    | 13                            | 2                                         | -                       | -                       |

Эти исследования и полученные нами данные по изучению гидравлических элементов потока в борозде параболического сечения позволили представить формулу для определения пропускной способности поливных борозд в следующем виде

$$q_o = 1.28 \sqrt{i} (0.6H - 2\Delta)^2 \quad (6)$$

где:  $q_o$  - расход в л/сек;  
 $H$  - глубина борозды от поверхности гребня до дна, см;  
 $\Delta$  - точность планировки поверхности поля, см;  
 $i$  - уклон дна борозды.

Коэффициент шероховатости по Манингу получен  $n = 0.03$ . Гидравлические элементы потока в борозде, которые использованы в формуле (6), характеризуются следующими зависимостями:

$$B = 13 \sqrt{h} \quad \text{см}$$

$$\omega = 8.67 h^{3/2} \quad \text{см}^2$$

где:  $B$  - ширина поверхности воды в борозде, см;  
 $\omega$  - площадь живого сечения потока, см<sup>2</sup>;  
 $h$  - глубина воды, см.

Эти же элементы иногда удобно выражать через величину расхода в борозде (л/сек)

$$B = 12.3 \frac{q^{1/4}}{i^{1/8}}$$

$$\omega = 7.19 \frac{q^{3/4}}{i^{3/8}}$$

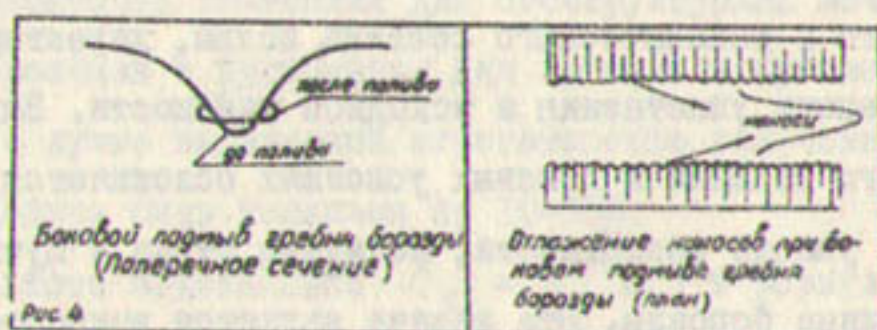
На землях с уклонами 0,003 и больше определение оптимального расхода для борозды сводится к выбору той величины струи, которая на рыхлой почве не вызывает смыва и выноса

верхних плодородных слоев в таких количествах, что это приводит к снижению её плодородия.

В голову борозды поступает струя полной величины; дальше по ее длине, сначала (в момент прихода), величина струи незначительна, а затем она постепенно увеличивается. Поэтому в большей мере склонны к размыву головные участки борозд.

Увеличивая расход воды в борозде, можно наблюдать ряд стадий процесса размыва. При малых расходах происходит боковой подмыв гребня только в начале борозды. Материал размыва выносится на несколько метров, участок отложения наносов заканчивается заостренным языком в стрелке. Мутность воды по длине борозды не меняется (первая стадия).

При увеличении расхода боковой подмыв гребня происходит во многих местах (главным образом, на участках увеличения уклона) по длине борозды, что при некотором уплотнении почвы в гребнях приводит к образованию своеобразных карнизов (рис.4). Отраженные от откосов тока выносят поднятый материал, образуя каскады участков отложения с вытянутыми в стрелке языками. Мутность струи по длине борозды увеличивается мало — вторая стадия.



При дальнейшем увеличении расхода начинается размыв дна борозды в точках перелома (увеличения) уклона или в местах случайных подпоров. В этих точках, заметных по резкому увеличению мутности образуются пятащие микропороги, скорость отступления которых может быть легко замерена и служит одной из характеристик интенсивности размыва. Движение захватываемых потоком частиц почвы приобретает, главным образом, скачкообразный характер, более крупные частицы многократно оседают и снова переходят во взвешенное состояние, передвигаясь преимущественно в придонном слое потока, а более тонкие остаются дольше во взвешенном состоянии и увеличивают мутность потока, которая непрерывно возрастает по длине борозды, достигая наибольшей величины в хвостовой части. Развивающаяся эрозия почвы приводит к уплощению продольного профиля борозды, сортировке откладываемого материала и выносу части мелкозёма с сбросной водой.

Первые признаки появления этой (третьей) стадии размыва определяют абсолютно недопустимую величину расхода. Вторая стадия размыва характеризует диапазон верхних (предельных) расходов и скоростей. Размывающее действие струи зависит от ряда условий: скорости, глубины потока, форм русла, агрегатного и механического состава почвы, характера её разделки, степени уплотнения и исходной влажности. Задача изучения этого явления в полевых условиях осложняется непостоянством уклона поверхности, величины струи и мутности потока по длине борозды. Эта задача является наиболее сложной в исследованиях по технике полива. Теоретические решения пока не дают надежных результатов.

При поливе по бороздам явления размыва рыхлого слоя почвы должны иметь сходные черты с размывом в каналах, с рыхлыми отложениями на дне и откосах, что позволяет пользоваться эмпирическими зависимостями, в которых критические неразмывающие скорости являются функцией гидравлического радиуса или глубины потока  $v_k = \alpha h^m$ .

Экспериментальное определение скорости и глубины потока — сравнительно простая задача, которую можно выполнять в полевых условиях, не нарушая движения потока, чего не удастся избежать при непосредственных замерах расхода.

Приравняв правую часть написанного выше выражения для  $v_k$  средней скорости потока, в бороздах параболического сечения, при установившемся медленно-изменяющемся движении, и определив отсюда критическую глубину  $h_k$  в зависимости от гидравлического уклона  $i$ , нами после подстановки  $h_k$  в формулу (6) получено (используя экспериментальные значения параметров  $\alpha$  и  $m$ ) выражение для приближенного определения предельной величины расхода в бороздах на уклонах 0,003 и больше [26] и [28].

$$q_k = \frac{1.75 \cdot 10^{-6}}{i^{2.3}} \quad \text{л/с} \quad (7)$$

Эта зависимость применима для бесструктурных почв — орошаемых серозёмов и пустынных. Для луговых и лугово-серозёмных почв, с лучше выраженной агрегатностью, полученный по (7) расход должен быть увеличен на 10–30%.

В результате подстановки  $h_k = f(i)$  в формулу для средней скорости потока в борозде может быть получено следующее приближенное выражение для предельной скорости на

уклонах 0,003 и больше

$$V_k = \frac{0,0506}{i^{0,25}} \quad \text{м/сек}$$

Эта величина колеблется от 0,21 м/сек для  $i = 0,003$  до 0,11 м/сек для  $i = 0,05$ .

Эти исследования позволили сделать вывод, что величина струи, необходимая для полива по допустимо-длинной борозде, в период добега (продвижения от головы до конца борозды), зависит от уклона поверхности (а на малых уклонах и от поперечного сечения борозды), способности почвы противостоять размыву и не зависит от проницаемости почвы. Полученные формулы (6) и (7) позволяют построить непрерывную кривую зависимости оптимального (допустимого) расхода в борозду от уклона для всех значений последнего. Такие кривые, представленные в работах [21] и [22] показывают, что максимальную величину струи в борозду следует давать на уклонах 0,002–0,003. На более крутых уклонах она должна быть уменьшена вследствие опасности размыва, а на малых уклонах в связи с уменьшением пропускной способности борозды.

Полученные зависимости облегчают также задачу определения допустимой ширины междурядий для земель с разным уклоном поверхности. Из формул (6) и (7) допустимая глубина наполнения при уклоне 0,007 составляет 2,0 см, а при уклоне 0,003 равна 7 см. Сравнивая эти величины с данными таблицы 3 видно, что даже при очень тщательной планировке ( $\Delta = 3$  см) использование междурядий шириной 45 см на землях с уклоном меньше 0,007 уже не позволяет подавать оптимальные расходы в борозды. Междурядья шириной 60 см уже не обеспечивают нужную пропускную способность борозд при уклоне 0,003 и меньше.

### Расчет оптимальной длины борозды.

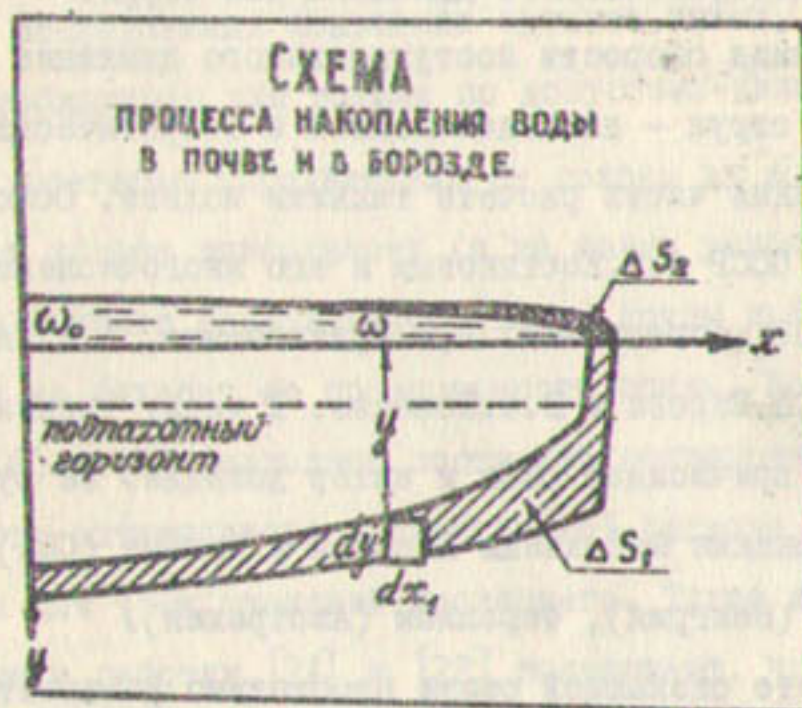
В соответствии с данной выше характеристикой условий, определяющих длину поливной борозды, основное значение имеет расчёт поступательного движения лба струи.

Исследования скорости поступательного движения стекающей в борозде струи — наиболее важная и теоретически наиболее разработанная часть расчета техники полива. Основы теории созданы в СССР А.Н.Костяковым и его многочисленными учениками и последователями: В.Ф.Кулиниченко, А.Н.Ляпин, С.С.Ванеян, К.А.Харова и В.Ф.Носенко. К числу учеников А.Н.Костякова причисляет себя и автор доклада. За рубежом ценные исследования выполнены Льюисом и Мильне (США), Орозлани и Узлшем (Венгрия), Фереллом (Австралия).

При расчете стекающей струи необходимо учитывать особенности процесса впитывания и движения воды в неоднородной среде — разрыхленной сверху почве, подстидаемой более плотным подпахотным горизонтом. Последний является временным водоупором, над которым формируется зона насыщения, конфигурация которой зависит от характера почвы, глубины верхнего рыхлого слоя, соотношений продольного и поперечного к оси борозды уклонов и размеров потока.

Движение струи воды по просохшей взрыхленной сверху почве представляет собой сочетание поверхностного и внутрипочвенного стока. Схема развития продольного и вертикального профиля влажности почвы и накопления воды на её поверхности (в борозде) должна отражать изменение скорости впитывания воды в почву, размеров стекающей струи и разную продолжительность увлажнения почвы по длине поливной борозды.

Предложенная схема развития процесса увлажнения почвы и накопления воды в борозде (смотри рисунок), позволяет дать следующее определение основных элементов уравнения баланса поступившей в борозду воды



$$\Delta S_1 = dt \int_0^x \frac{dy}{dt} dx_1; \quad y = \int_0^{t-t_1} K_0 \left(1 + \frac{b}{\sqrt{\tau}}\right) d\tau$$

$$\Delta S_2 = dt \int_0^x \frac{d\Omega}{dt} dx_1; \quad \Omega = \int_0^{t-t_1} \omega_0 \xi e^{-\tau^2} d\tau$$

$\frac{dy}{dt}$  — скорость впитывания воды в почву (использована теоретическая формула С.Ф.Аверьянова)

$\frac{d\Omega}{dt}$  — скорость изменения площади живого сечения потока ( $\omega$ ) при наполнении борозды (найденная нами эмпирическая зависимость)

$t - t_1$  — переменная продолжительность увлажнения почвы по длине борозды.

Тогда общее уравнение баланса подаваемой воды, расходуемой на впитывание в почву и наполнение борозды может быть написано следующим образом

$$qt = \int_0^x (cy + \Omega) dx_1 \quad (8)$$

( $c$  — ширина полосы в поперечном к оси борозды сечении,

через которую происходит впитывание воды в почву )

После замены переменной , считая  $dx = x'(t_i)dt$  , и дифференцирования, получим

$$q = \int_0^t \left[ c\kappa_0 \left( 1 + \frac{b}{\sqrt{t-t_i}} \right) + \omega_0^0 e^{\gamma(t-t_i)} \right] x' dt,$$

В результате общего решения этого интегрального уравнения (применив операционный метод) , нами получена довольно сложная зависимость между расстоянием , проходимым лбом струи в борозде и временем  $x = x(t)$  [28].

Принимая площадь сечения потока в борозде постоянной равной её сечению в голове борозды -  $\omega_0$  и внося соответствующие изменения в выражение (8), получим после его дифференцирования по  $t$  и решения, более простую зависимость,

$$x(t) = \frac{q}{\omega_0} J(t) \quad (10)$$

$$\text{где, } J(t) = \left[ \frac{1}{K} + \frac{e^{s_1^2 t} \text{Erfi}(-s_1 \sqrt{t})}{s_1^2 - K} + \frac{e^{s_2^2 t} \text{Erfi}(-s_2 \sqrt{t})}{s_2^2 - K} \right]$$

Значения  $S$  (переменная функции отображения), входящая в формулу (10), находится из квадратного уравнения

$$S + (\kappa b \sqrt{\pi}) \sqrt{S} + K = 0$$

$$\text{где, } K = \kappa_0 \frac{c}{\omega_0}$$

Анализ показал, что более простая зависимость (10) дает достаточно точные результаты и поэтому она рекомендована для определения скорости поступательного движения струи при расчёте техники полива [27].

Для определения расчётной ширины полосы вливания, нами, по данным изучения формы, развивающейся в поперечном к борозде сечении почвы зоны насыщения над подпахотным

слоем получена следующая зависимость

$$C = B_0 + \mu H_p \quad (II)$$

где  $B_0$  - ширина поверхности воды в голове борозды

$H_p$  - толщина разрыхленного при вспашке или культивации слоя почвы (для первого полива 0,25-0,30 м, для нескольких последующих поливов 0,08-0,12 м и после прекращения культивации  $H_p = 0,0$ );  $\mu = 1,0 - 2,63 i^{0,25}$

Нами аналитически доказана допустимость использования в выражении (II) постоянной величины  $B_0$ .

Учет влияния глубины рыхления в формуле (I0) позволяет рассчитывать длину борозды для разных номеров полива - первого, второго и т.д.

Введение под интеграл аргумента  $(t - t_e)$  заметно отражается на результатах. Так, вводя его в известное уравнение А.Н.Костякова  $2cydy = \frac{nk_0 dl}{(t - t_e)}$  и решая последнее, операционным методом, получим

$$x(t) = \frac{q}{nk_0} \cdot \frac{\sin(\pi\alpha)}{\pi\alpha} t^\alpha$$

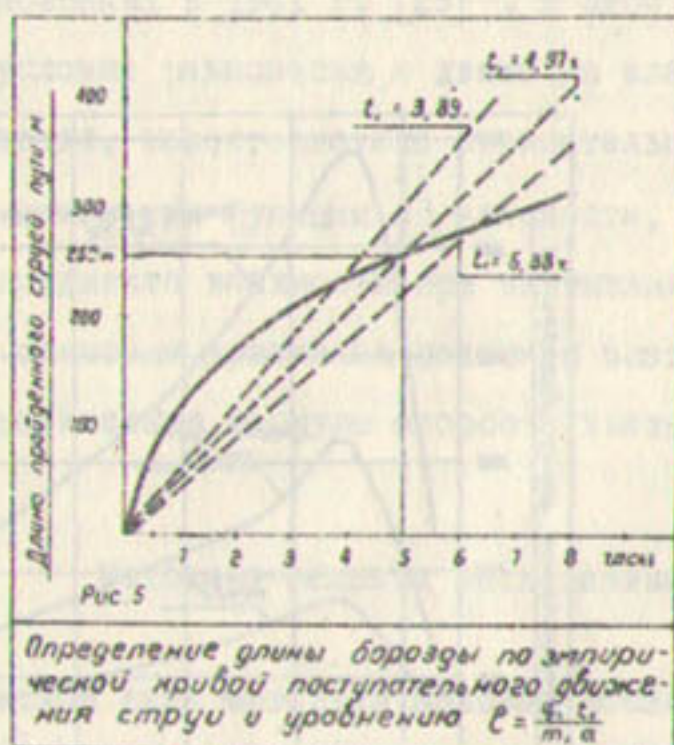
Эта зависимость отличается от таковой А.Н.Костякова членом  $\frac{\sin(\pi\alpha)}{\pi\alpha}$ , который при  $\alpha = 0,5$  равен 0,6.

Для определения оптимальной длины борозды, нами предложено совместное графическое решение уравнений кривой (I0) и прямой  $x = \frac{q}{m_1 a} t$ , где  $a$  - расстояние между поливаемыми бороздами (рис.5). Пользуясь данными о допустимых значениях  $t_e/t$  и  $m_1$ , проектировщик имеет известную свободу выбора оптимальной длины борозды.

Чтобы облегчить решение задачи, предложена номограмма и сделаны примеры численных решений. Предложенная методика опубликована Институтом Средазгипроводхлопок [27] и используется в Институте и филиалах.

При определении оптимальных элементов техники полива в хозяйствах для сравнительно небольших участков с различными почвами, рельефом и гидрогеологическими условиями целесообразно, вместо экспериментального определения коэффициентов формулы скорости впитывания (9)\* для расчёта и построения кривых  $X = X(t)$ , пользоваться эмпирическими кривыми поступательного движения струи.

Такие средние кривые получают в результате графической обработки данных наблюдений за продвижением лба струи в группе борозд при оптимальной величине расхода в борозду. Оптимальная длина борозд находится после этого графически в точке пересечения эмпирической кривой  $X = X(t)$  и прямой  $X = \kappa t$ , где  $\kappa = \frac{q}{m, a}$ , как показано на рис. 5.



Таким образом расчёт длины борозды в хозяйстве сведётся к простой графической обработке экспериментальных материалов [30] и [31].

Результаты теоретического анализа и способы определения основных элементов техники полива ( $q_2, t_2, m_2$ ), для

второго периода (доувлажнения) нами даны в работах [21], [22] и [28].

Пользуясь выведенными формулами и экспериментальными данными по определению параметров, нами найдена длина борозды для ряда участков Голодной степи и других объектов. В работе принимали участие сотрудники Института Среднеазиатского гидрохлора П.А.Коротков и Ф.Серебряников. Некоторые результаты подсчетов приведены на рис.6. Из которого видно, что возможная длина борозды для одной и той же почвы возрастает с уменьшением уклона, достигая максимума при его величине 0,003-0,002, а затем убывает (как и величина расхода в борозды).

$$x) \frac{dy}{dt} = K_0 \left(1 + \frac{\delta}{\sqrt{t}}\right) \quad (9)$$

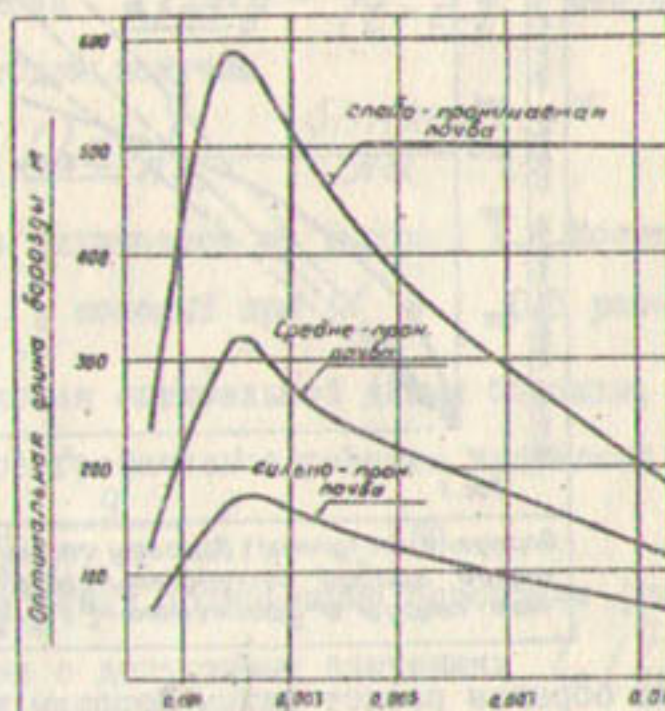


Рис. 6 Уклон поверхности

Длина борозды в зависимости от характера почвы и уклона поверхности

В агротехнической литературе, учебниках и в получивших у нас распространение агроправилах и указаниях рекомендовались наиболее длинные борозды на землях с большим уклоном (0,01) и короче при меньшем уклоне поверхности. Обратный вывод о необходимости увеличивать длину борозды с уменьшением уклона был раньше высказан А.Н.Костяковым.

Существенное значение в расчёте полива имеет теория впитывания воды в почву (например, для обоснования формулы скорости впитывания), которой посвящено большое количество исследований (С.Ф.Аверьянов, И.И.Кулабухина и П.Я.Полубаринова-Кочина, И.Филипп - Австралия, А.Клут - США).

Нами сделан анализ отечественной и зарубежной литературы и приведены результаты небольших собственных исследований, опубликованных в 1961 г. [23]. В этой работе рассматриваются условия равновесия и движения влаги в ненасыщенной водой почве, характеристика отрицательного давления в жидкой фазе почвы как функция её влажности, динамика потенциала и градиента влажности при впитывании поливной воды в почву, основные уравнения движения влаги в зоне аэрации и теоретические формулы скорости впитывания воды в почву.

#### Методика полевых исследований

Применявшаяся нами методика полевых исследований для определения оптимальных элементов техники полива подвергалась улучшению в течение длительного периода. Основные работы, определяющие состав полевых исследований: изучение скорости поступательного движения струи, предельных расходов в борозды на больших и малых уклонах и некоторые дополнительные исследования, необходимые для определе-

ния коэффициентов, входящих в расчётные формулы.

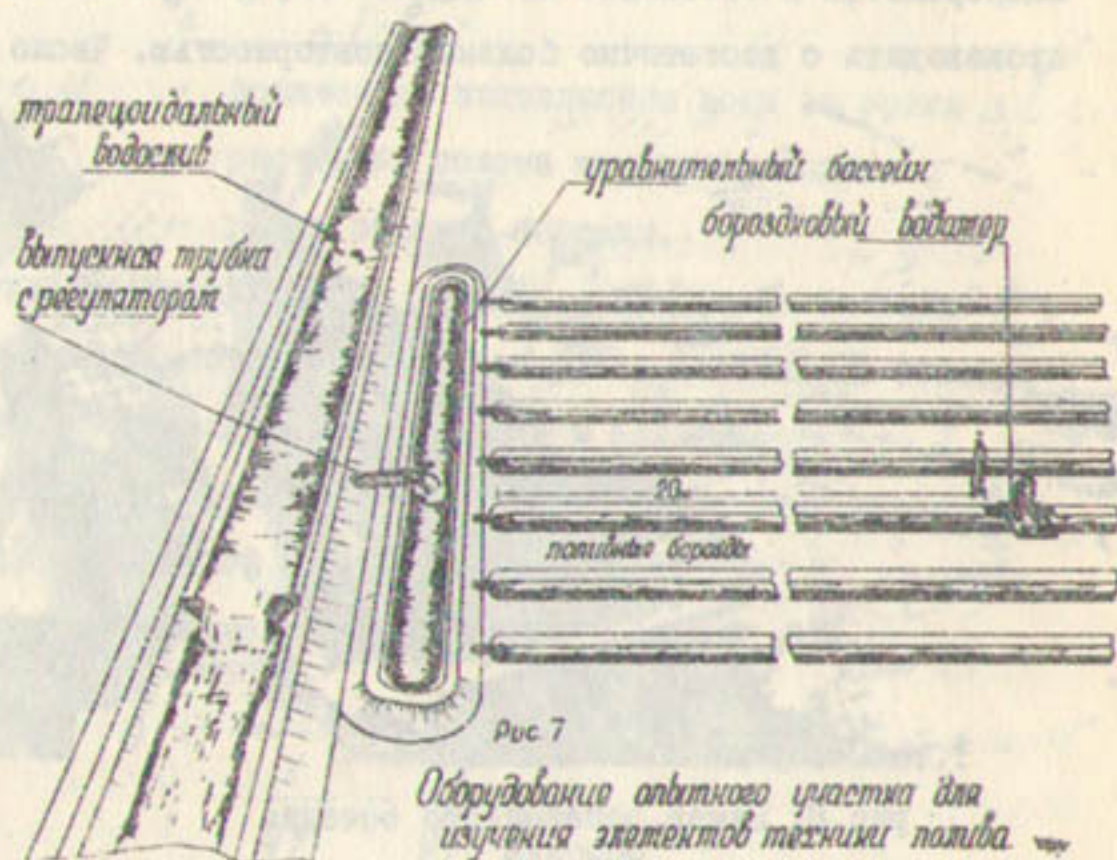
В полевых опытах следует учитывать только элементы, поддающиеся простому и достаточно точному замеру, проведение которых не нарушает движение потока. Замер расхода воды производится только в голове и в конце борозды (последнее при устранении опасности подпора). Изучая начальный и конечный расход в бороздах разной длины, можно получить представление об изменении его по бороздам любой длины.

В процессе полива следует замерять по длине борозды отметки поверхности воды, ширину зеркала потока, его скорость и мутность. Замер глубины воды (поперечного сечения потока) не дает хороших результатов вследствие наличия очень неплотного слоя придонных наносов и малой глубины потока. Поэтому следует определять живое сечение потока только в начале и конце полива, замеряя поперечное сечение борозд до и после полива и накладывая на общий график отметки этих сечений и поверхности воды.

Чтобы получить постоянный расход в голове борозд, рекомендуется устраивать резервуары достаточной ёмкости, в которых поддерживается постоянный горизонт воды, производя сброс избыточно забираемого расхода. Подачу воды из резервуара в борозды предпочтительнее производить с помощью трубчатых выпусков, тогда при изменении горизонта воды в резервуаре отношение величины расходов в бороздах меняется как корень квадратный из отношения напоров (рис. 7).

Для замера отметок поверхности воды и поперечных сечений борозды (до и после полива) разбивают створы через 50–100 м по длине борозд, оборудованные двумя колышками, забиваемыми в вершины гребней (лучше под одну отметку) и водомерной реечкой с делениями через 2 мм. Во время полива

на участках размыва и заиления оборудуются дополнительные створы. Отметки колышков и нули реек связываются нивелировкой. Поперечное сечение борозды измеряют от линейки,



укладываемой горизонтально на установленные в гребнях колышки (рис.8). Замеренная ширина потока позволяет проверять съемку его поперечного сечения. Для замера поверхностей скорости потока можно использовать поплавки или краску. При взятии проб на мутность надо остерегаться захвата донных отложений.

Полученные в результате нивелировки продольные профили дна борозд позволяют выделить по длине борозды характерные по рельефу участки, для которых, по полученным данным устанавливается связь между величинами расхода, скоростями и возникновением различных стадий размыва почвы.

При проведении работ по изучению скорости поступательного движения лба струи в борозде, методика которых крайне

проста и известна, следует учитывать, что на продвижение струи по сухой борозде большое влияние оказывают характер микрорельефа и состояние почвы, поэтому эти работы надо производить с достаточно большой повторностью. Число



рис. 8. Замер поперечного сечения борозды

борозд в группе с одинаковым расходом должно быть не менее II-15.

Полевое определение коэффициентов  $K_g$  и  $\beta$ , входящих в формулу скорости впитывания (9) С.Ф.Аверьянова можно производить тремя способами [27]:

- а) изучение скорости впитывания на коротких отрезках борозд;
- б) подбор  $K_g$  и  $\beta$  по экспериментальным кривым добегания (поступательного движения) струи в борозде;
- в) изучение динамики влажности и глубины промачивания почвы в процессе полива.

Методика проведения полевых работ первым способом известна. В процессе опыта на двухметровых отрезках борозд

при постоянной глубине воды определяется скорость впитывания

$$v_t = \frac{\Delta u}{\Delta t \cdot \ell \cdot c}$$

Здесь  $\Delta u$  — количество впитавшейся воды за время  $\Delta t$ ;

$c$  — расчетная полоса ширины впитывания;

$\ell$  — длина отрезка борозды.

Согласно формулы (9)  $v_t = K_\theta$  при очень больших  $t$ . Чтобы избежать необходимости постановки длительных полевых наблюдений определяют кривую  $v_t$  в зависимости от  $t$  до получения нескольких близких последовательных значений и, выбирая на кривой пары соответствующих  $t$  и  $v_t$ , определяют ( $\theta$ ) следующим образом:

$$\theta = \frac{v_i - v_n}{\frac{1}{\sqrt{t_i}} - \frac{1}{\sqrt{t_n}}}$$

а затем вычисляют  $K_\theta$ .

Второй способ заключается в подборе таких  $K_\theta$  и  $\theta$ , которые при подстановке в формулу (10) дают значения  $X$  равные экспериментальным. Этот способ требует постановки полевых опытов с добеганием струи в бороздах. Так как, однако, определение таким способом двух коэффициентов  $K_\theta$  и  $\theta$  требует больших вычислений [27], то целесообразно определять  $K_\theta$  в опытах на коротких отрезках борозд, а коэффициент ( $\theta$ ) по экспериментальным кривым добегания.

Третий способ экспериментального определения  $K_\theta$  и  $\theta$  основан на изучении зависимости между толщиной слоя впитавшейся в почву воды ( $y$ ) и глубиной промачивания её ( $H$ ),

которая имеет следующий вид

$$y = \Delta W H \frac{\rho_n}{\rho} \quad (12)$$

Здесь  $\Delta W$  - разность двух последовательных определений средней влажности промоченного слоя почвы (в долях от веса) в процессе полива;

$\rho_n$  и  $\rho$  - объемный вес почвы и удельный вес воды г/см<sup>3</sup>.

Почва на влажность берется небольшим буром послойно через 0,1 и выше уреза воды (там, где глубину промачивания можно считать средней по всему поперечному профилю), в трех точках по длине борозды. В начале полива пробы берутся через каждые полчаса, а затем реже, до глубины несколько больше той, на которой заметно промачивание почвы. Глубина промачивания уточняется по данным влажности почвы. Часть образцов выбирают для определения объемного веса почвы.

По замерам  $\Delta W$  и  $H$  вычисляют ( $y$ ) по формуле (12), для разных моментов времени и строят кривую  $y(t)$ . Затем, выбирая на этой кривой две пары соответствующих значений  $y$  и  $t$ , решают уравнение  $y = \kappa_s t + 2\beta\sqrt{t}$  полученное путем интегрирования зависимости (9).

Первый способ можно рекомендовать при проектировании техники полива для целинных земель, до начала орошения. После орошения основным следует считать совместное применение первого и второго способов. Третий способ может служить дополнительным. Применение его не во всех почвенных условиях дает положительные результаты.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СПОСОБОВ ПОЛИВА В ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.

В современных условиях решение задач механизации и улучшения полива связано с развитием более совершенных оросительных систем. Значительно должно возрасти использование закрытых оросительных систем с поверхностными способами полива и дождеванием, применение дождевальных машин и самоходных машин для полива по бороздам. Подпочвенное орошение грунтовыми водами, имеющее в настоящее время очень широкое распространение в сочетании с поверхностным, должно быть превращено в более совершенный способ, оснащенный техническими средствами для регулирования почвенной влажности и глубины грунтовых вод.

Поэтому теперь нельзя ограничиваться рассмотрением только способов и техники орошения, классификация их должна включать и характеристику оросительных систем (имея в виду её конечные звенья). Анализ условий транспортирования воды, распределения её на поле и имеющий место характер увлажнения почвы позволяют выделить следующие системы техники орошения:

1. Открытые оросительные системы (обычные каналы и лотки) и поверхностные способы полива: по бороздам, напуском, затоплением. Кпд систем 0,50-0,65.

2. Низконапорные закрытые оросительные системы (стационарные, полустационарные и передвижные) и поверхностные способы полива. Кпд систем 0,60-0,75.

3. Высоконапорные закрытые оросительные системы (стационарные, полустационарные и передвижные), дождевание и поливы по бороздам с помощью самоходных поливальных машин. Кпд 0,7-0,9.

4. Комбинированные оросительные системы с применением разных способов орошения (поверхностных и дождевания).

5. Подпочвенное орошение.

Основные пути повышения эффективности поверхностных способов полива в открытых оросительных системах это применение поливных борозд (полос) допустимой длины, соответствующая планировка поверхности и создание оросительной системы, удовлетворяющей определенным требованиям. Последнее означает полное оснащение оросительной сети современными сооружениями и поливным переносным инвентарем для регулирования горизонтов и расходов воды, переход к более выгодным схемам планового расположения оросительной сети, обеспечивающим минимальное использование временных каналов, значительное (до 150-200 л/с) увеличение пропускной способности и улучшение условий командования оросителей.

Важно отметить необходимость выполнения всего комплекса перечисленных работ, а не отдельных его элементов, что иногда не учитывается. Например, внедрение в практику сифонов для полива по бороздам во многих районах Узбекистана не дало ожидаемого эффекта вследствие того, что делались попытки применять сифоны при отсутствии сооружений на сети, переносных брезентовых перемычек, незавершенности планировки и наличии поэтому густой оросительной сети очень малой пропускной способности. Распыление поливной воды в этой сети ограничивало расход, которым мог распоряжаться поливальщик обычно размерами 15-25 л/с, так что затраты на сифоны (сравнительно большие) и известные трудности освоения новой техники не создавали стимула для её широкого использования.

Основные исследования, определявшие направление развития работ по совершенствованию поверхностных способов полива в СССР выполнены Б.А.Шумаковым, Н.Д.Кременецким, И.А.Шаровым, Н.А.Янишевским, В.Е.Еременко, В.М.Романовым, А.Н.Ляпиным и Г.М.Гусейновым. За рубежом большие и ценные работы по поверхностным способам полива проведены Кридлом, Феланом, Дэвисом и Пером (США).

Нами в течение длительного времени проводилось изучение элементов техники бороздкового полива, работы по внедрению полива по длинным бороздам, совершенствованию и созданию новых конструкций поливного инвентаря, автоматизации выпуска воды в борозды, а также определению экономических показателей полива [I], [II], [18], [26], [31].

В 1955 году были опубликованы следующие результаты наблюдений и хронометража, таблица 4 [II].

Таблица 4

Сравнительная характеристика экономических показателей различных способов выпуска воды в поливные борозды

| Способы регулирования выпуска воды в борозды | Средн. выработка поливальной воды га/сут | Расход воды на поливальный участок л/сек | Потреб. материалы | Расход материала, кг |                  | Срок амортизации (годы) | Стоимость устройства для выпуска воды, рублей |                | Стоим. одного гектара полива руб. |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|----------------|-----------------------------------|
|                                              |                                          |                                          |                   | на I га              | на I га за сезон |                         | на I га                                       | на I га за год |                                   |
| Дёрн                                         | 1,3                                      | 15-20                                    | дёрн              | 1500                 | 1500             | I                       | 32                                            | 32             | 35                                |
| Камышесруб                                   | 1,8                                      | 20-25                                    | камыш             | 30                   | 30               | I                       | 5                                             | 5              | 26                                |
| Бумага                                       | 1,5                                      | 20-25                                    | бумага            | -                    | -                | -                       | -                                             | -              | 27                                |

|                                           |     |       |                  |    |    |   |     |    |
|-------------------------------------------|-----|-------|------------------|----|----|---|-----|----|
| Перенос-<br>ные<br>металл.<br>трубки      | 1,8 | 20-25 | железо           | 8  | 4  | 2 | 23  | 12 |
| Перенос-<br>ные ме-<br>таллич.<br>вставки | 1,7 | 20-25 | "                | 32 | 11 | 3 | 48  | 16 |
| Перенос-<br>ные<br>сифоны                 | 1,6 | 20-25 | трубки<br>каучу- | 18 | 9  | 3 | 151 | 50 |

Работы по испытанию и улучшению поливного инвентаря включали применение трубок, сифонов, переносных перемычек.

В совхозе им. Кирова (Средне-Чирчикский район УзССР) внедрялся полив по бороздам с помощью сифонов, брезентовых перемычек и трубчатых выпусков на оросительной сети. Металлический стержень, к которому пришивался брезент переносной перемычки, имел загнутые под прямым углом концы, втыкавшиеся в дамбы оросителя. Изменяя глубину, на которую они погружались в тело дамбы, можно легко регулировать величину подпора в канале (рис.9), [18] и [20].



Рис.9. Полив по бороздам с помощью сифонов и брезентовых перемычек (совхоз им. Кирова)

Нами была предложена конструкция переносных, быстро-  
сбросных брезентовых лотков на деревянных рамах (из брусков  
70x25 мм) с металлическими оголовками и соединенными с ними  
металлическими щитками [II]. Переносные звенья лотков изго-  
товлялись длиной 4,4 и 5,8 м. и имели вес 21 и 26 кг (меньше,  
чем предлагающиеся теперь лотки, примерно, такой же длины из  
синтетических материалов). Металлические оголовки имели не-  
большую конусность и снабжались резиновыми прокладками. Они  
соединялись в стык без всякого крепления, что требовало  
очень небольшой затраты времени (рис. 10). Вода выпускалась  
в борозды через отверстия в брезентовом дне лотка, укреплен-  
ные металлическими пистонами.



рис. 10. Соединение звеньев брезентового лотка

Поливальник снабжался вкладышами с разной величиной  
отверстия и без такового, которые входили в пазы пистона,  
позволяя производить регулирование выпуска воды, или прекра-  
щение его в отдельные борозды. Основное регулирование произ-  
водилось щитками лотка сразу для всех борозд одного, или  
нескольких звеньев.

Лотки испытывались в 1953 году в Голодной степи на Центральной опытно-мелиоративной станции (Золотая Орда) и в двух колхозах. В 1954 году в нескольких колхозах Янги-Дильского района. В Голодной степи, на малых уклонах по лоткам подавался небольшой расход — около 20 л/сек. Вода, поступавшая по поливным бороздам из верхних лотков, могла свободно проходить под нижерасположенными лотками, что устраняло подпоры и затопление хвостовых участков (рис. II). Равномерность деления воды, поступавшей в борозды, была значительно выше, чем при обычном способе полива.

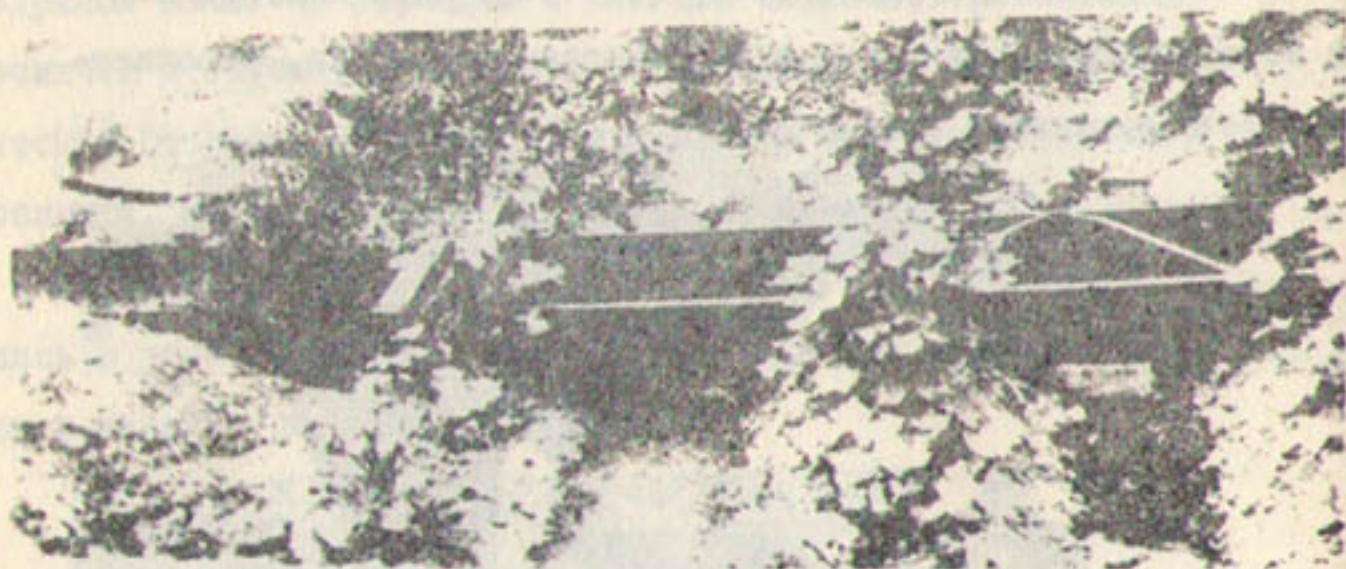


рис. II. Полив по бороздам из переносного брезентового лотка

В 1953 и 1954 годах в нескольких колхозах Янги-Дильского района нами впервые в Узбекистане испытывались переносные жесткие трубопроводы для полива хлопчатника на землях с большим уклоном [II].

Необходимость перехода к поливу по более длинным бороздам нами отмечалась давно [I] и в течение долгого времени проводились работы по определению условий, в которых он возможен, а также пропаганда этого дела.

В опубликованной в 1934 году работе [I] рекомендовались следующие элементы техники полива, таблица 5.

Таблица 5

Элементы техники полива, рекомендованные в 1934 году

| Уклоны поверх-<br>ности | Длина борозд<br>м | Струя в бо-<br>розду, л/сек |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 0,003-0,005             | 200               | 1,0-2,0                     |
| 0,005-0,01              | 120-200           | 0,4-1,0                     |
| 0,01-0,02               | 100-150           | 0,3-0,4                     |
| Больше 0,02             | 50-100            | 0,1-0,2                     |

С увеличением уклона рекомендуемая длина борозды уменьшалась. Для основных уклонов она составляла 200 м, что было значительно выше принятой тогда на практике и в получивших распространение указаниях.

Результаты экспериментов в совхозе Баяут № 2 [5] и [18] с короткими и длинными (до 650 м) бороздами позволили позже рекомендовать на слабо-проницаемых почвах Голодной степи при уклоне поверхности около 0,002 длину борозд до 550 м, а на почвах со средней проницаемостью — 350 м.

Опытно-производственные работы в совхозе № 6 им. Титова в 1962 году, в основу которых были положены полученные нами к этому времени результаты теоретических исследований и методика расчета позволили прийти к выводу, что на значительной части целинной Голодной степи со средним уклоном поверхности около 0,001, можно при тщательной планировке поверхности, достаточной ширине междурядий и величине струи до 2,0-3,0 л/с применять борозды длиной 300-400 м; рис. 12. Однако нами указывалось [26], что увлечение длиной борозды выше рекомендуемых пределов, или даже полив по 300-400-метровым бороздам, без выполнения всех перечисленных требований, даёт нежелательные результаты, особенно на целинных землях.

Исследования по оптимальной длине поливных борозд послужили основой для постановки опытно-производственных работ с подачей воды в борозды непосредственно от последнего звена постоянной распределительной сети (участкового распределителя), обслуживающего площадь до 200-250 га, без устройства оросительной сети [26].

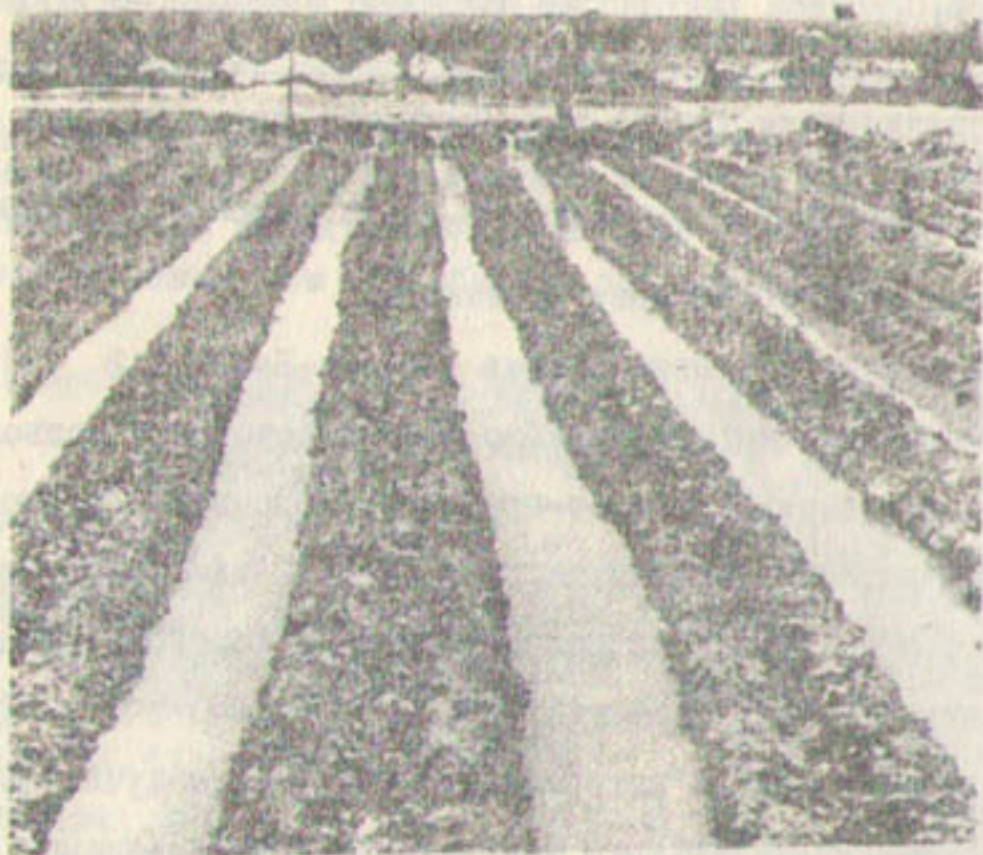


рис. 12. Полив по длинным (420 м) бороздам струей 3 лит/с (совхоз № 6 им. Титова. Голодная степь)

В основу технического решения задачи положены: соответствующий уровень оснащения сети сооружениями для регулирования горизонтов и расходов воды, регулирование величины выпускаемой струи сразу в группы (по 25-30) борозд, переход от применявшегося полива в параллельном распределителях (лотках) направлении к поперечному поливу и тщательная планировка с изменением направления уклона. Широкое применение железобетонных лотков в Голодной степи создало

благоприятные условия для решения этой задачи.

Были предложены различные варианты оборудования лотков, которые могут быть использованы и для других конструкций ирригационной сети. По первому варианту в одном блоке с лотком устраивается третья стенка, образующая по всей его длине камеры (отсеки) длиной 20-30 м, в которых поддерживается заданный горизонт, обеспечивающий одинаковый расход в группе борозд. По второму, расход для группы борозд забирают переносным сифоном из лотка (или от гидранта закрытой сети) и выпускают в борозды через короткие звенья разборных жестких труб. По третьему варианту подпор воды в лотках регулируется переносными щитками, а выпуск воды в борозды производится прямо из отверстий в лотке через гибкие трубки, у которых выпускные концы в нерабочем положении поднимаются и укладываются на лоток, а для работы сбрасываются на почву.

В 1962 году нами через Институт Средазгипроводхлопок (с участием П.А.Короткова и Г.П.Павлова) был испытан геотный вариант - выпуск воды в борозды через откидные трубки непосредственно из лотка и регулирование горизонта воды в лотке щитками - рис.13.

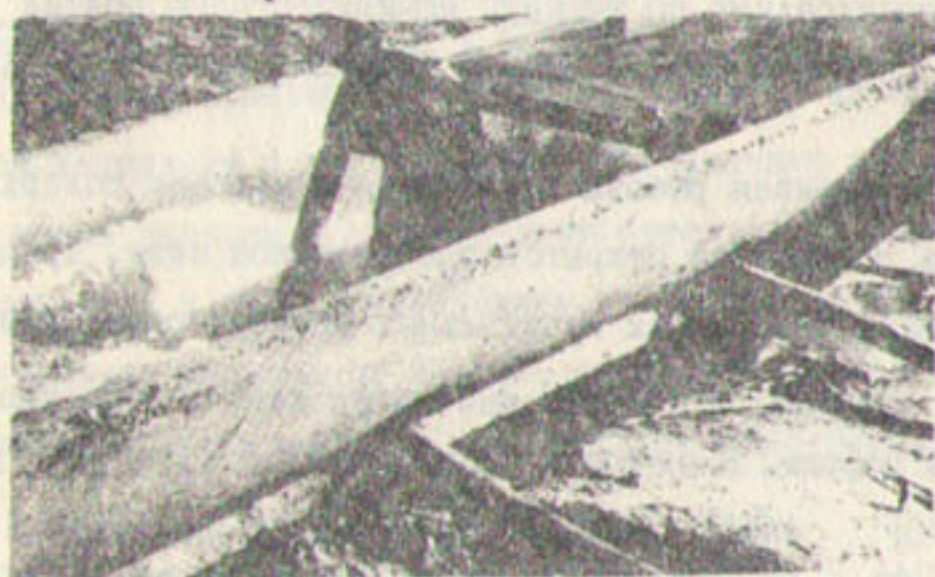


рис.13. Выпуск воды в борозды непосредственно из лотка через полиэтиленовые трубки

С 1963 года Институт Средазгипроводхлопок (Г.Н.Павлов) продолжает эти работы в совхозе № I на площади 270 га, испытывая второй вариант - выпуск из лотка в группы борозд с помощью сифонов и коротких отрезков гибких шлангов.

Переход к поливу перпендикулярно лоткам связан с некоторым увеличением объема планировочных работ. Однако, имеющиеся в Институте Средазгипроводхлопок пятилетние результаты эксплуатации таких участков показали возможность значительно сократить при этом потери полезной площади, воды и труда, связанные с использованием временной оросительной сети.

При сравнении этой схемы с поливом из длинных гибких трубопроводов по бороздам, идущим параллельно лоткам, следует указать на устранение тяжелых работ по перемещению трубопроводов и ряда других, присущих последним недостатков.

Однако, поперечную схему полива непосредственно из распределительной сети с описанной техникой нельзя рассматривать как универсальную, или единственно возможную даже для одного объекта - Голодной степи.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА В ЗАКРЫТЫХ НИЗКОДАВНОСТНЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Рассматривая работы по совершенствованию поверхностных способов полива при открытой оросительной сети, требующие сравнительно небольших капитальных затрат, следует определить те условия, в которых они могут дать достаточно хороший эффект. В опубликованных работах [1], [9], [12], [29], [30] и [31] нами отмечалось, что достаточно высокие агротехнические и экономические показатели полива, применяя описанные выше способы, можно получить лишь в благоприятных природных условиях - уклоне поверхности менее

0,008–0,01 на мощных незасоленных суглинистых почвах и при возможности довольствоваться сравнительно невысоким КПД системы. В этих условиях возможно проведение капитальной планировки, подача достаточно больших расходов в борозды (обеспечивающих нужную длину их) и эксплуатация оросительных каналов с достаточной пропускной способностью, пользуясь сравнительно несложным поливным инвентарем. В других условиях полив по бороздам из открытой оросительной сети сопряжен с известными трудностями, большими потерями воды, или плодородия почвы, что может требовать применения других конструкций оросительной сети и иной техники полива.

В предгорных районах на землях с уклоном более 0,008–0,01 имеет место значительная эрозия почвы и оросительных каналов. Необходимость подавать малые расходы в борозды и каналы ограничивает длину борозд и требует устройства густой сети мелких каналов, теряющих много воды. Полив по коротким бороздам, работы по защите каналов и борозд от размыва требуют очень больших затрат труда. Средняя выработка поливальщика за смену составляет 0,2–0,3 га, против 0,5–0,7 га в более благоприятных условиях. Соответственно увеличивается и стоимость полива.

Трудности применения полива по бороздам из открытых каналов возникают и на подверженных засолению землях с очень малым уклоном и затрудненным оттоком, где по технико-экономическим и иным соображениям необходимо комплексное решение задач мелиорации земель, составной частью которого является сокращение потерь воды из оросительной сети и на поле.

Трудности возникают также на маломощных и неоднородных в вертикальном профиле почвах, особенно при сложном рельефе,

где отсутствует возможность проведения капитальной планировки и имеют место большие потери воды, в результате чего нельзя применять достаточно длинные борозды.

Для устранения недостатков, возникающих при применении обычных открытых каналов — уменьшения потерь, ликвидации размывов и улучшения условий эксплуатации — целесообразно заменять их закрытой сетью трубопроводов, которые имеют преимущества перед другими видами применяемых облицовок и железобетонных лотков. Эти преимущества следующие: лучшие условия эксплуатации закрытой сети (отсутствие опасности замерзания) в невегетационный период, меньшее влияние незначительных неправильностей продольного уклона, меньшая амортизация (особенно заметная в открытой сети при периодической работе), меньшие потери орошаемой площади, воды и отсутствие препятствий для транспорта и сельскохозяйственных машин.

Институтом Гипроводхоз получены, примерно, одинаковые основные технико-экономические показатели для вариантов сети из лотков, без подкачки воды насосами и из трубопроводов при дополнительных затратах на подкачку воды насосами.

Необходимо учитывать также, что закрытая сеть создает лучшие условия накопления напора, необходимого для эксплуатации передвижных поливных трубопроводов. Для крупных магистральных и распределительных каналов приведенная сравнительная оценка различных типов ирригационной сети неприменима.

Придавая большое значение работам по развитию закрытых оросительных систем для механизации техники полива, нами выполнено обобщение отечественной и зарубежной литературы по этим вопросам [31]. Результаты обобщения включают основные данные по оценке агротехнической и экономической

эффективности поверхностных способов полива в низконапорных системах и дождевания -высоконапорные системы. Нами сделаны также некоторые проработки и обоснованы предложения по развитию низконапорных и комбинированных систем на подверженных засолению землях с малым уклоном поверхности.

Существует тесная зависимость между конструкцией закрытой оросительной системы, величиной используемого в системе напора и применяемой техникой орошения. При выпуске воды из трубопровода через клапаны, или гидранты, непосредственно в крупные чеки и полосы для полива затоплением и напуском, система может иметь лишь одно звено трубопроводов, выполняющих одновременно функции транспортирующей и поливной сети, а при подаче воды в борозды она состоит из двух звеньев - транспортирующего, обычно стационарного и поливного, чаще нестационарного.

В системах из одного звена достаточно иметь небольшой выходной напор - около 0,3 м, а при двух звеньях может потребоваться более высокий напор для равномерной раздачи воды в большое число борозд. Поэтому состав и конструкция системы в значительной мере определяют те условия рельефа, где существует технико-экономическая целесообразность эксплуатации самонапорных закрытых систем.

В существующих у нас рекомендациях указывается довольно большая величина нижней границы уклона поверхности для самонапорных систем - по данным Институты: Гипроводхоз - 0,006, Средазгипроводхлопок - 0,003. Эти рекомендации даются для систем из двух звеньев с расчетом использования поливных трубопроводов большой длины для полива по бороздам.

За рубежом, где чаще используются закрытые системы из одного звена для выпуска воды в чеки и полосы, малые

уклоны поверхности не считаются препятствием при наличии некоторого запаса командования в старших каналах.

В США развитие закрытых систем из бетонных труб шло первоначально на землях с очень малым уклоном, так как применявшиеся тогда на больших уклонах делители статического напора в виде бетонных стояков, с раздельной стенкой, значительной высоты и диаметра, очень увеличивали стоимость всего сооружения и усложняли его эксплуатацию. С появлением небольших ползавковых регуляторов напора и расхода, автоматически меняющих поступление воды в систему, при изменении величины выпускаемой в поле струи, закрытые самонапорные системы стали получать развитие и на землях с большим уклоном (А.Ф.Пилсбэри, В.Д.Вудт).

Большие работы по орошению из закрытых самонапорных систем в зоне хлопкосеяния выполнены МГМИ (И.А.Шаров, Г.Ю.Шейнкин, В.А.Сурин, Е.Н.Горбунова, М.Ф.Наталячук). Эти работы показали, что на землях с большим уклоном закрытые самонапорные системы из двух звеньев для полива по бороздам несомненно перспективны. Они улучшают условия эксплуатации, устраняют размыв сети, снижают потери воды и полезной площади и улучшают качество полива.

Нестационарное (поливное) звено этой системы — гибкие шланги, рассчитано на сравнительно небольшой расход (вследствие малых расходов в борозды в этих условиях). Поэтому поливные трубопроводы имеют небольшой диаметр, вес и легко переносимы вручную в процессе полива. Их укладывают на поверхности поля с заданным уклоном, обеспечивающим постоянную величину напора по длине и равномерную раздачу воды в борозды, при минимальных работах (только в голове на гидранте) по её регулированию. При этом нужна небольшая вели-

чина начального напора (у гидранта).

В условиях малых уклонов широкие производственные испытания полива по гибким шлангам из закрытой сети и из железобетонных лотков осуществляется в Голодной степи. Вследствие необходимости подавать большие расходы в борозды и значительных расстояний между лотками, или линиями стационарных трубопроводов, шланги (гибкие трубопроводы) имеют большую длину, диаметр и вес. Они укладываются на поверхности практически без продольного уклона (по основному уклону идет распределительная сеть). Поэтому поддержание постоянного напора по длине и равномерная раздача воды в борозды возможны только при сравнительно большом (до 2,0–2,5 м) – начальном (у гидранта) напоре.

Эти работы обнаружили следующие существенные недостатки самонапорных систем на равнинах с малым уклоном поверхности:

1. Недостаточная величина напора при принятом расположении сети не обеспечивает нужные расходы в поливных трубопроводах и равномерную раздачу воды. Индивидуальное регулирование величины выпускаемой в борозды струи в гибких шлангах трудно осуществимо и не дает хороших результатов.

2. Большой вес и длина гибких шлангов требуют механизации перемещения их в процессе полива, что представляет собой сложную задачу, не получившую до сих пор удовлетворительного решения.

Для применения самонапорных систем на землях с малыми уклонами необходимо дальнейшее развитие исследований и поиски удовлетворительного решения задачи механизации перемещения трубопроводов, изменения планового расположения

сети в целях уменьшения их длины и диаметра и испытание новых конструкций трубопроводов.

Определенный интерес представляют собой работы по механизации перемещения и конструкции линий жестких трубопроводов (Ю.Г.Филиппов — ВНИИГим, З.И.Метельский, И.К.Хейддорф, В.Г.Петров — ВНИИГим), а также по транспортированию разборных жестких трубопроводов.

Для условий малых уклонов на подверженных засолению землях, когда зимние влагозарядковые и промывные нормы составляют значительную долю (до 50–70%) от годовой оросительной нормы, нами предложено решение задачи путем применения систем из одного стационарного звена трубопровод большого диаметра для полива затоплением и напуском в невегетационный период и использование дополнительного передвижного звена в вегетацию для полива по бороздам, которое рассчитано на малые потери напора. Для этого предлагаются два варианта: выпуск воды в борозды, идущие перпендикулярно стационарному трубопроводу, либо через короткие (25–30 м) звенья гибких шлангов, либо через переносные быстросборные лотки (рис.14) [31]. Короткие шланги и лотки можно присоединять к стационарному трубопроводу с помощью переносного гидранта, надеваемого на выпускной клапан.

Выполненный нами гидравлический расчет закрытой системы из одного звена бетонных или асбоцементных стационарных трубопроводов, из которых вода подается непосредственно на чеки и полосы, показал, что при диаметре труб около 600 мм можно в условиях очень малых уклонов поверхности обеспечить нужный расход 150–300 л/с и среднюю скорость потока от 0,6 до 1,0 м при выходном напоре около 0,3 м [31]

По вопросу о величине минимальных допустимых скоростей

в бетонных и асбоцементных трубопроводах имеются различные мизения. Вероятно только экспериментальной проверкой в определенных условиях мутности, крупности наносов и режима работы системы можно получить нужные решения. Следует учитывать и возможность промывки заиленных участков труб с помощью насосов.

Осуществление первого варианта — полив с вегетацией по бороздам через короткие переносные звенья гибких шлангов требует некоторого увеличения напора в системе, что ограничивает возможность их применения уклонами поверхности около 0,001. При выпуске воды в борозды через переносные лотки применение системы обычно не ограничивается малыми уклонами, даже в такой плоской равнине как Голодная степь.

Предложенные конструкции должны значительно расширить область применения закрытых самонапорных систем, существенно улучшить трудные условия проведения зимних поливов, устранить опасность замерзания воды в сети, необходимость переносить или транспортировать тяжелые поливные трубопроводы. Производственное испытание этих систем запланировано фирмой по внедрению новой техники полива и Институтом Средазгипроводхлопок.

## ТЕХНИКА ПОЛИВА В ВЫСОКОНАПОРНЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ.

Замена каналов закрытой сетью улучшает условия эксплуатации оросительной сети, сокращает потери воды в ней, полезной площади и затраты на все работы, связанные с подачей, распределением и выпуском воды на поле. Однако, потери воды на глубокое просачивание и сброс, свойственные поверхностным способам полива не устраняются.

Более радикальное решение задачи повышения агротехнической и экономической эффективности полива возможно при доставке воды современными техническими средствами непосредственно на увлажняемую почву. Дождевание и орошение с помощью поливальных машин — высоконапорные оросительные системы — являются примерами таких способов орошения.

За рубежом, например в США, с 1952–1956 годов, в связи с появлением на рынке дешевых, легких труб из алюминиевых сплавов с муфтами для быстрого их соединения, устройствами, позволяющими автоматически освобождать трубы от воды для перемещения их на новую позицию, усовершенствованием конструкции разбрызгивателей и насосов — широкое распространение стали получать, также и в западных засушливых штатах, небольшие дождевальные системы (обслуживающие участки 25–30 га) с разборными трубами и вращающимися среднеструйными разбрызгивателями.

Вследствие небольшой интенсивности дождя (0,05–0,2 мм/мин) эти системы обеспечивают хорошее увлажнение почвы, возмож-

ность влить любые поливные нормы на всех почвах (за исключением очень тяжелых) при ничтожных потерях на глубокое просачивание и сброс.

Потери на испарение в сухом климате и снос струи составляют около 20%. Производительность труда поливальщика при принятом обычно ручном переносе труб составляет около 2-3 га за рабочий день. Стоимость дождевания в 1,5-2 раза выше, чем орошение поверхностными способами.

При орошении пропашных, особенно высокостебельных культур - кукурузы, хлопчатника - работа становится обременительной вследствие необходимости передвигаться с тяжестью сквозь мокрые ряды растений, по рыхлой намокнувшей почве. При этом отмечается и ухудшение физического состояния почвы.

В последнее время сделаны некоторые успехи в механизации перемещения поливных дождевальных трубопроводов, преимущественно для орошения трав и некоторых низкостебельных культур. Для полива высокостебельных пропашных культур получили незначительное распространение позиционно работающие установки из двух длинных У-образных гидравлически вращающихся труб с насаженными на них разбрызгивателями (*boom sprinkler*), которые перевозятся трактором на прицепе. Одновременно производится и наращивание линии питающего трубопровода.

Для орошения сахарного тростника и других тропических культур с богатой растительностью применяют в некоторых местах стационарные системы с мощными дальноструйными

разбрызгивателями, или дальнеструйные, и другие самоходные дождевальные машины.

Несмотря на большое внимание, уделяемое за рубежом механизации перемещения линий дождевальных трубопроводов, решение этой задачи для пропашных высокостебельных культур, удовлетворяющее агротехнические и экономические требования пока еще не найдено.

В Советском Союзе работы по дождеванию первоначально развивались в зоне хлопкосеяния, в крупных хозяйствах с высокой механизацией полевых работ. Поэтому возникла потребность в более производительных системах, чем описанные выше, с большими расходами воды. Эти условия, а также характер основной орошаемой культуры — хлопчатник с мощным высоким кустом, привели к развитию дождевания с помощью высокопроизводительных, преимущественно двухконсольных самоходных машин. Трудность и невыгодность эксплуатации их в зимнее время привели к развитию в хлопковой зоне комбинированной системы орошения — невегетационные поливы поверхностными способами из обычных открытых каналов, а в вегетацию дождевание машинами, питающимися из той же открытой сети.

Двухконсольные дождевальные машины имеют большую интенсивность дождя 2-3 мм/минуту, так как для получения высокой экономической рентабельности машины — она должна забирать большой расход, при ограниченной длине крыльев. Эти особенности высокопроизводительных двухконсольных самоходных машин приводят к появлению стока в поверхностного

оброса даже при небольших поливных нормах (100-200 м<sup>3</sup>/га), которые увеличиваются с ростом поливных норм, что ограничивает возможную величину поливной нормы, особенно на тяжелых почвах (Г.Я.Хайдарова, М.П.Харламов).

Стоимость дождевания самоходными машинами значительно выше, чем поверхностными способами, главным образом, вследствие большой амортизации машин.

В зоне хлопкосеяния они поэтому получают преимущественно распространение на землях с близкими кресными или слабоминерализованными грунтовыми водами при наличии сравнительно хороших условий общего или местного оттока, где поливные и оросительные нормы в вегетационный период должны быть малы, а возможность устранять при дождевании избыточное увлажнение почвы, особенно в период созревания хлопчатника, повышает его урожайность. Использование этих машин может дать положительный эффект также на маломощных очень проницаемых почвах, если условия рельефа не препятствуют их нормальной эксплуатации.

Использование двухконсольных дождевальных машин на землях с глубокими грунтовыми водами (и в других условиях, где нужны большие поливные оросительные нормы) создает необходимость возделывать хлопчатник при малой глубине промачивания, или опреснения почвы, что связано с значительным увеличением числа поливов и обработок, снижает урожайность и дает плохие экономические результаты.

Следовательно, положительный эффект от дождевания существующими высокопроизводительными (двухконсольными) машинами можно получить в зоне хлопкосеяния на сравнительно

небольшой части земель. Для развития орошения на основных массивах (земли с близкими в той или иной мере минерализованными грунтовыми водами, где интенсивно идут процессы сезонного засоления и земли с глубокими грунтовыми водами) нужно искать другие технические решения. Вероятно основой этих поисков могут служить системы с вращающимися средне-струйными разбрызгивателями. Необходимо решить вопросы применения более мощных систем этого типа, имеющих значительно большую производительность; вопросы механизации перемещения трубопроводов, или транспортирования труб, при культуре хлопчатника.

Несомненный интерес представляют также комбинированные оросительные системы с одним звеном стационарных низконапорных трубопроводов для полива затоплением и напуском в невегетационный период с дополнительными передвижными звеньями высоконапорных трубопроводов (с использованием насосов) для дождевания, или самоходными дождевальными машинами, работающими позиционно в период вегетации. Необходимо также развивать работы по конструкции и испытанию поливальных машин для полива по бороздам.

#### РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПОЛИВА.

Существенной частью плана развития сельского хозяйства является определение перспективной техники полива в привязке к различным по природным и хозяйственным условиям территориальным единицам, или иначе районирование её.

Между техникой полива и другими сельскохозяйственными и мелиоративными работами существует самая тесная связь, например — использование двухконсольных дождеваль-ных машин с высокой интенсивностью дождя требует частых поливов малыми нормами и большего числа междурядных обработок. Наоборот, поливы поверхностными способами (по бороздам, напуском, затоплением) не удастся проводить малыми нормами, особенно в начале оросительного сезона, что создает иной режим почвенной влажности и требует иной агротехники. Свойственные поверхностным способам более высокие потери на глубокое просачивание увеличивают объем мелиоративных работ по борьбе с потерями и дренажу земель. Поэтому районирование техники полива следует рассматривать как составную часть общего хозяйственно-экономического районирования. Его отличительной чертой является сравнительно большое удельное значение факторов хозяйственных и подчиненная роль комплекса природных условий, которые при физико-географическом районировании территории являются его основой.

Районирование техники полива является делом сложным, вследствие многообразного влияния полива на окружающую растущую среду и возможность многочисленных решений задачи, различные варианты которых часто нуждаются в экспериментальной и производственной проверке в конкретных условиях.

Для облегчения задачи её следует сначала решать для отдельных хозяйственно-экономических зон в виде общих схем

и более детальных проработок на типовых участках, включающих технико-экономические показатели. Нами сделана попытка дать общую схему районирования техники полива для зоны хлопководства и более детально на примере Голодной степи ЗГ<sup>1</sup>.

Следует учитывать, что быстрый технический прогресс в нашей стране, значительное увеличение выделяемых у нас в сельское хозяйство средств — интенсификация его, будут часто вносить существенные коррективы в такие проработки.

Наиболее крупной таксономической единицей при этом районировании должна являться хозяйственно-экономическая зона, в пределах границ которой комплекс различных факторов создает определенную специфичность хозяйства, проявляющуюся в его направлении, составе ведущих культур, потребности и характере мелиораций, размере вкладываемых средств и труда в сельское хозяйство на единицу площади.

Более дробные таксономические единицы — подзоны, определяются следующим по важности, также имеющим общее значение, фактором освоения орошаемых земель. При оценке этого фактора необходимо учитывать, что освоение орошаемых земель представляет собой сложный процесс, в котором вслед за завершением строительного периода начинается ввод в эксплуатацию различных звеньев ирригационной системы — окончательная пригонка их к пестрым динамичным местным условиям — планировка земель и выравнивание плодородия почвы. Эта работа возникает не только на целинных землях, но и при переустройстве старых ирригационных систем, опыт проведения которого показывает, что оно затягивается на длительный период.

Процесс освоения орошаемых земель следует считать завершенным когда внутри поливных участков и полей севооборота создаются хорошие, примерно, однообразные условия орошения и проведения механизированных работ, выравненное и устойчивое плодородие почвы.

На землях, освоение которых полностью завершено, следует проектировать только работы минимально нарушающие установившийся водносолевой режим, плановое расположение и конструкцию ирригационной сети. Наоборот, недостаточная освоенность земель и необходимость затрачивать дополнительные средства на завершение этого процесса может служить основанием для реконструкции орошения, например, перехода к дождеванию при отсутствии хорошей планировки и трудности проведения её на маломощных почвах.

Таким образом целинные земли должны являться основным объектом (подзоной) проектирования более совершенных оросительных систем и техники орошения. В другую подзону входят полностью освоенные территории, а некоторые территории старого орошения, где не закончен процесс освоения земель на переустроенных системах, должны быть выделены в особую подзону.

Самые мелкие таксономические единицы при районировании техники полива – районы и подрайоны определяются уже в значительной мере природными факторами: рельефом, характером почвы и гидрогеологическими условиями.

Рельеф орошаемой поверхности несомненно является одним из важнейших факторов, влияющих на выбор техники полива. Общая величина уклонов – главного и поперечного,

всхолмленность, длина и направление скатоз и характер микрорельефа определяют границы возможного применения поверхностных способов полива, необходимую степень дробления поливной струи, длину гона воды по поверхности, объем и стоимость планировочных работ.

Из почвенных характеристик существенное влияние на технику полива оказывают мощность, водопроницаемость, устойчивость против эрозии и, конечно, степень засоления. Мощность почвы и глубина корневых систем определяют оптимальную величину поливной нормы и поэтому существенно влияют на выбор техники полива.

С водопроницаемостью почвы связана возможность применения разной техники дождевания, оптимальная длина гона воды по полю при поверхностном поливе и размер потерь воды. Гумусность почв и выраженность структурообразования, которые в серозёмном поясе связаны с развитием лугового процесса, а также зависят от системы ведения хозяйства и агротехники, оказывают существенное влияние на устойчивость почвы против водной эрозии при поливе.

Гидрогеологические условия, особенно степень естественной дренированности разных геоморфологических элементов ландшафта, режим и минерализация грунтовых вод определяют величину промывных и вегетационных поливов и размеры использования фильтрационных потерь, что во многих случаях служит основанием для выбора типа оросительной системы и техники полива.

Степень детализации и методы районирования должны выбираться в зависимости от решаемой хозяйственной задачи.

Для обоснования государственного планирования размещения затрат на орошение может потребоваться выделение районов разной техники полива на мелкомасштабных картах. В основу такого районирования должны быть положены анализ природных и хозяйственных условий и технико-экономические расчеты на типовых участках. Внутрехозяйственное районирование, при котором решается также и задача уточнения элементов техники полива в привязке к пестрым условиям рельефа, почвы и гидрогеологии должно быть основано в большей мере на экспериментальных исследованиях, получающих отражение на картах в крупном масштабе.

Схема районирования техники полива нами рассматривается для основных оазисов хлопкосеяния Средней Азии и Закавказья применительно к типам орошаемых территорий, выделенным В.А.Ковдой — 1947 г. и В.А.Ковдой и В.В.Егоровым — 1958 г. Эти оазисы расположены в межгорных впадинах (Чирчик-ангрэнская, Ферганская, Голодностепская, Вахшская, Мильская) зоны полупустыни и на низменных великих древнеаллювиальных и современных аллювиальных равнинах, субэвразальных и приморских дельтах Аму-Дары, Зеравшана, Мургаба, Теджена и Куры-Аракса зоны пустыни.

Характеристику главных показателей природных условий различных районов, оказывающих влияние на технику орошения, формулирование задач, которые возникают в этих условиях, удобнее начать с более высоко расположенных территорий, обеспеченных естественным дренажом и не подверженных засолению.

К первому району должны быть отнесены древние покатые пролювиально-аллювиальные верхние речные террасы в поясе типичных серозёмов на мощных отложениях лёсса: Самаркандский и Приташкентский оазисы, верхние террасы Ферганской долины, Акгазинская терраса долины реки Вахша.

Первый подрайон — наиболее сложные по рельефу холмистые участки с самыми большими уклонами поверхности (местами до 0,05–0,08) из используемых под посевы хлопчатника земель. Они развиты на 4 и 5 террасах (например, на правом берегу Чирчика к северо-западу от канала Курукульдук и в Пскентском районе) и имеют резко выраженные водоразделы, короткие скаты, с малопродуктивными, иногда эродированными почвами.

Основными задачами являются здесь защита оросительных каналов и оголовков борозд от размыва; предотвращение эрозии и исправление эродированных почв; сокращение потерь воды в сети и в поле на глубокое просачивание и сбросы, а также повышение производительности труда. Планировка поверхности здесь возможна в ограниченных размерах и не везде. Под садово-виноградные и лесные насаждения во многих местах целесообразно террасирование поверхности.

Из поверхностных способов полива здесь возможно применить выборочно, на массивах с достаточно мощными неглубокими почвами, или несколько меньшим уклоном полив малой струей по бороздам, идущим под углом к горизонталям. При расположении борозд под очень небольшим углом к горизонталям возможно увеличение струи в борозды, но это приводит к их криволинейности в плане (контурный полив).

Оросительная сеть, расположенная вдоль горизонталей с малым уклоном должна быть преимущественно постоянной. В качестве такой сети можно использовать земляные каналы, на которых следует допускать в небольших размерах развитие защитной растительности.

Оросительная сеть, идущая по направлению основного уклона, должна быть из стационарных трубопроводов небольшого диаметра, с достаточно часто расположенными поплавковыми (автоматическими) регуляторами напора. Из них воду можно выпускать в постоянные земляные каналы, идущие вдоль горизонталей с малым уклоном, или в поливные переносные трубопроводы — гибкие и быстросборные жесткие небольшого диаметра. В жестких трубопроводах отверстия для выпуска воды в борозды должны быть снабжены устройствами для регулирования величины струи и для гашения выходного напора.

На маломощных почвах, а также на участках с наибольшим уклоном и короткими скатами целесообразно переходить на дождевание, используя установки из легких труб с средне-струйными вращающимися разбрызгивателями при интенсивности дождя не более 0,10–0,13 мм/мин. В местах, где устройство подводящей закрытой сети для накопления естественного напора порядка 20–30 м экономически оправдывается, часть площади можно орошать самонапорными дождевальными системами.

Второй подрайон первого района нами выделяется также на землях со сравнительно большим уклоном поверхности от 0,008 до 0,02, с более спокойным рельефом и однообразными

длинными скатами в верхней части третьей и четвертой террас покатых подгорных равнин. К таким землям относятся, например, орошаемые типичные серозёмы верхней половины Самаркандской области на террасе реки Зеравшан, на верхних террасах реки Санзар, 3 и 4 террасах Чирчика (Приташкентские районы) и в восточной части Ферганской долины (совхоз "Савай").

При проектировании рациональной техники полива, здесь в основном возникают те же задачи, которые были сформулированы выше для первого подрайона, однако, лучшие условия для правильной организации территории и полной механизации полевых работ требуют уже и соответствующей организации полива на крупных участках.

На землях с большим уклоном наиболее подходящими являются закрытые оросительные системы, состоящие из стационарных асбоцементных или бетонных труб и питающихся от них, переносных гибких или жестких поливных трубопроводов диаметром не более 200 мм и длиной до 150-200 м, легко переносимых на новые позиции ручным способом. Стационарные трубопроводы можно располагать по основному уклону, а гибкие поливные трубопроводы по спланированным трассам с уклоном, обеспечивающим постоянство напора и расхода в борозды по их длине. Это позволяет производить регулировку величины расхода, подаваемого в борозды только в голове поливного трубопровода. При применении жестких поливных трубопроводов можно, пользуясь соответствующими устройствами, регулировать расход и в каждую борозду.

Широкое применение должны найти и закрытые системы с переносными поливными трубопроводами в голове участков и стационарными поливными трубопроводами в их нижней части.

Капитальная планировка всей орошаемой поверхности (с сохранением естественного уклона), преследующая получение достаточной (150-300 м) и одинаковой по ширине участка длины поливных борозд здесь уже обязательна.

Третий подрайон первого района из этого же типа орошаемой территории (проливисто-аллювиальные подгорные равнины), нами выделяется в условиях средних уклонов 0,003-0,008 и мощных, не слишком легких почв при глубоком залегании грунтовых вод.

Высокую агротехническую и экономическую эффективность здесь можно получить при поливе по длинным бороздам из открытых земляных каналов, применяя сравнительно простые сооружения и поливной инвентарь для выпуска воды на поле: головные регуляторы, вододелители, стационарные и переносные водовыпуски, брезентовые перемычки и сифоны. Лишь в случае острого недостатка воды в источнике орошения, невозможности использовать возвратные воды в нижерасположенных системах и здесь может возникнуть необходимость строительства закрытых систем.

Работами по проектированию рациональной техники полива здесь должны решаться задачи тщательной планировки поверхности для полива по бороздам с максимально допустимой длиной до 300-500 м, выбор планового расположения и конструкции открытой оросительной сети, обеспечивающей сокра-

чение удельной протяженности временных каналов, увеличение пропускной способности мелкой сети не менее чем до 100-150 л/сек для сосредоточенного полива крупных участков и оснащение её сооружениями, позволяющими управлять такими струями.

Второй район - нижние пойменные и надпойменные террасы в верхнем и среднем течении рек Чирчика и Ангрена, восточной Ферганы, Зеравшана и Сурхан-Дарьи. Это хорошо дренированные элювиальные террасы межгорных впадин с значительным уклоном поверхности (0,003-0,006) с близкими пресными грунтовыми водами, сложенные мощными галечниками с прослойками песка и суглинков, прикрытых сверху небольшим (от 0 до 2 м) слоем мелкозёма, на котором развиты луговые, лугово-серозёмные и лугово-болотные незасоленные почвы. Сложный мезорельеф, создаваемый большим числом древних русловых понижений, интенсивный приток грунтовых вод со стороны окружающих вышерасположенных земель, проявляющийся наиболее заметно в понижениях, значительное различие мощности почвенного покрова, на котором заметно сказывается его ирригационное происхождение (много старых рисовников) и прежняя планировка, наличие глеевых горизонтов и местами шоха - создают здесь очень пёстрые неоднородные условия. Помимо общих требований улучшения качества полива, повышения производительности труда, сокращения потерь воды, здесь возникают задачи правильного сочетания поверхностного и подпочвенного орошения грунтовыми водами, регулирования их глубины и борьба с заболачиванием

в понижениях рельефа. Орошение подпочвенными грунтовыми водами в условиях аридного и экстрааридного климатов зоны хлопкосеяния в чистом виде вероятно невозможно и должно обязательно сочетаться с поверхностными поливами. Очень часто проведение одного поверхностного полива за год оказывается достаточным.

На водоразделах и повышенных элементах рельефа с мощным мелкоземистым покровом (первый подрайон второго района), где проведение капитальной планировки не встречает препятствий, возможно поливать по достаточно длинным бороздам (до 150-200 м) с хорошими показателями. На землях с близким залеганием галечника или глеевых горизонтов, где капитальная планировка затруднительна (второй подрайон), перспективно дождевание двухконсольными самоходными машинами. Также на участках со сложным мезо и микрорельефом, где объемы планировки для полива по бороздам могут быть очень велики, переход к дождеванию двухконсольными машинами даст положительный экономический и агротехнический эффект.

В понижениях мезорельефа с интенсивным притоком грунтовых вод и заболачиванием (третий подрайон) целесообразно дождевание самоходными машинами с использованием грунтовой воды при откачке её из коллекторов и дождевальными установками из быстросборных трубопроводов с средне-струйными разбрызгивателями при откачке воды из колодцев.

Третий район выделяется в недостаточно обеспеченных

естественным дренажем условиях. Сюда относятся верхние вторые и третьи террасы рек и соответствующие им древне-алиювиальные и пролювиальные равнины (Голодная степь, Мильская степь, террасы долин Вахша, Аракса) с небольшим уклоном поверхности (менее 0,003), с затрудненным оттоком грунтовых вод (глубоких до орошения и залегающих близко на орошаемых землях), остаточными засоленными светлыми серозёмами, с солончаками в понижениях и в различной степени засоленными орошаемыми почвами. Рациональная техника полива здесь в значительной мере зависит от местных условий дренированности и выраженности оттока, связанных с расположением ирригационной, дренажной сети и характером рельефа.

В понижениях между водоразделами с значительным притоком минерализованных грунтовых вод и засоленными в разной степени почвами (первый подрайон), главной задачей является создание режима интенсивного увлажнения почвы в целях ликвидации соленакпления в почвогрунтах и грунтовых водах. Зимние промывные и вегетационные поливы некропных культур нужно производить затоплением на горизонтально спланированных участках. Вегетационные поливы, по крайней мере до смыкания растительного покрова, по тупым бороздам (с широкими междурядьями) внутри чеков.

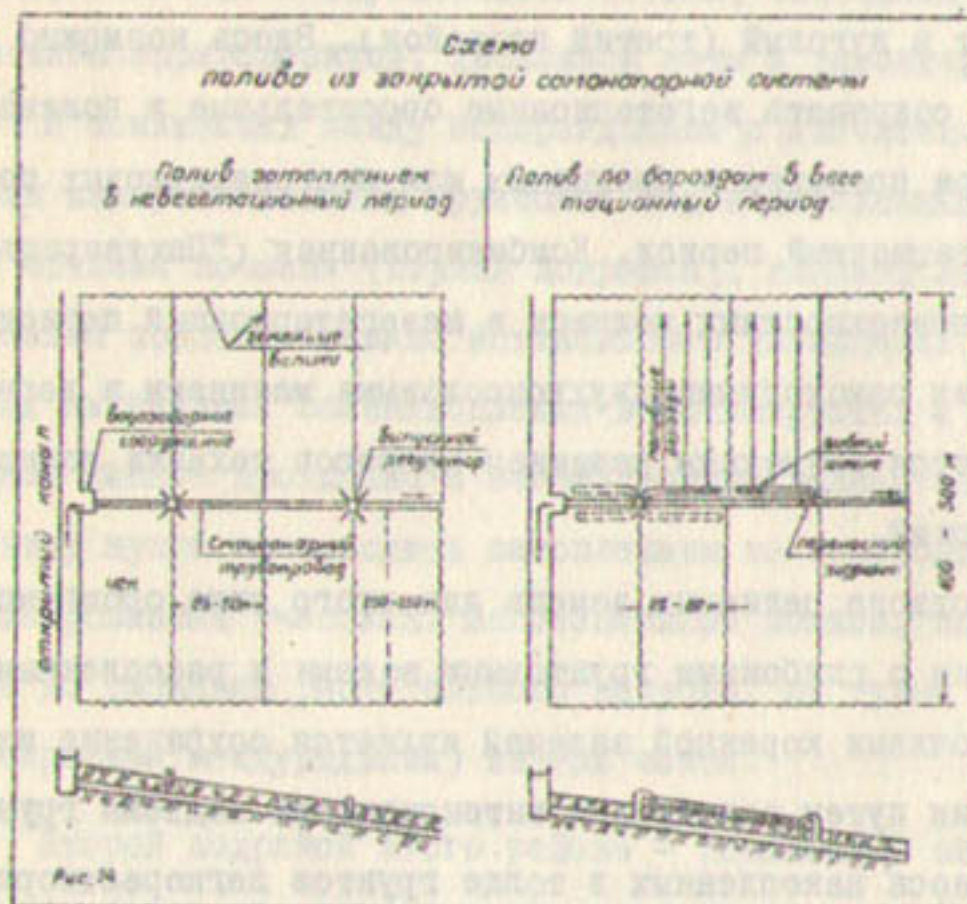
Второй подрайон этого района — повышенные элементы рельефа (водоразделы, склоны) и полосы вдоль ирригационных каналов с лучшими условиями дренажа, слабо минерализованными близкими грунтовыми водами, сравнительно небольшой интенсивностью сезонного засоления и преимущественно

промытыми, или слабо засоленными почвами, где промывные поливы проводятся реже и меньшими нормами и где надобность в горизонтальной планировке отпадает, вегетационные поливы можно проводить по сквозным достаточно длинным бороздам на тщательно спланированных (с сохранением естественного уклона) участках.

Наиболее благоприятные условия дренированности при наличии выраженного местного оттока создаются обычно по границам различных террас и в полосах, примыкающих к крупным ирригационным каналам, где происходит более сильное опреснение грунтовых вод и лугово-солончаковый процесс переходит в луговой (третий подрайон). Здесь возможно значительно сокращать вегетационные оросительные и поливные нормы, при проведении промывных или влагозарядковых поливов в невегетационный период. Комбинированная ("Пахтааральская") система поверхностных поливов в невегетационный период и дождевания самоходными двухконсольными машинами в вегетацию является возможным решением вопросов техники полива для этих условий.

В подзоне целинных земель для этого типа орошаемой территории с глубокими грунтовыми водами и рассолёнными сверху почвами коренной задачей является сохранение их плодородия путем ослабления интенсивности подъема грунтовых вод и выноса накопленных в толще грунтов легкорастворимых солей к поверхности. Решение такой задачи только путем дренажа связано с очень большими затратами. В сложных условиях растущего уровня грунтовых вод на осваиваемых землях комплексное решение задачи путем строительства дренажа и уменьшение потерь в каналах и на поле должно дать лучшие результаты.

Большой удельный вес невегетационных проливных и запасных поливов и тяжелые условия их проведения вследствие замерзания воды в каналах, трудности передвижения по оттаивающей дном поверхности делает целесообразным применение описанных выше закрытых систем <sup>х)</sup> из стационарных трубопроводов, уложенных в почву глубже горизонта промерзания, из которых вода выпускается непосредственно на поле (в чеки или полосы), а для полива пропашных культур в вегетацию по бороздам дополнительно используются переносные лотки или короткие (25-50 м) гибкие шланги, рис. 14.



Полив в вегетационный период способами, которые имеют более высокий КПД, например, дождевание существующими самоходными машинами, в условиях растущего уровня грунтовых

<sup>х)</sup> На землях, где уже построена лотковая оросительная сеть, переход на закрытые трубопроводы вероятно не оправдает себя.

вод и интенсивности сезонного засоления, не дает удовлетворительные агротехнические и экономические результаты, а дождевание другими техническими средствами еще не получило в этих условиях проверки.

Исходно сильно засоленные с поверхности целинные земли с неглубокими минерализованными грунтовыми водами следует осваивать, используя открытую ирригационную сеть, и проводя промывные поливы затоплением по горизонтально спланированной поверхности, а вегетационные поливы по тупым бороздам с широкими междурядьями, внутри чеков. На нижних террасах и аллювиальных равнинах среднего течения рек, для ландшафта которых типичным представителем можно считать Центральную Фергану, сохраняются в основном описанные для предыдущего района схемы полива. Однако, доля земель нуждающихся в систематической промывке и горизонтальной планировке, здесь значительно выше, что определяет основной вариант — зимняя промывка затоплением из открытой оросительной сети и полив по бороздам внутри чеков в вегетацию.

На территориях, не обеспеченных естественным дренажем (практически бессточных) следует рассмотреть сухие и приморские дельты. На сухих дельтах (Сохский, Исфаринский, Мургабский, Бухарский и Каракульский оазисы), верхние участки с глубокими грунтовыми водами, сложенные с небольшой глубины грубообломочным материалом, нередко галечником, и прикрытые эродированными маломощными почвами, должны быть отнесены к районам перспективного применения закрытых оросительных низконапорных систем для полива по бороздам, или дождевания из установок с разборными трубопроводами и среднеструйными разбрызгивателями.

В средних частях дельты при наличии достаточно развитого пояса выклинивания пресных грунтовых вод рациональная техника полива определяется задачами каптажа и использования этих вод.

В зависимости от конструкции каптажа -- применения открытых каналов, или колодцев и насосных установок, здесь могут быть развиты поверхностные способы полива грунтовой и речной водой, или дождевание (при откачке воды из колодцев).

В нижних частях дельты на подверженных интенсивному засолению землях основными способами будут являться затопление в невегетационный период и по бороздам в вегетацию. На массивах, где возможно использование самоизливающихся или откачиваемых напорных грунтовых вод перспективны закрытые низконапорные системы, а при очень небольшой минерализации грунтовых вод, -- дождевание.

Большое разнообразие ландшафтов приморских дельт не позволяет наметить для них даже общей схемы районирования техники полива. Перспективными в развитии хлопководства являются преимущественно верхние части некоторых дельт и дельтовых равнин. К ним в первую очередь следует отнести земли в древней дельте Аму-Дарьи -- Хорезмский оазис -- и Кара-Калпакская АССР.

Плоский нерасчлененный рельеф (уклон поверхности менее 0,0002), наличие отложений речного песка мощностью до 70 м, прикрытых незначительным (1-3 м) слоем мелкозёма, во многих местах ирригационного происхождения, командование реки над поверхностью равнины, подпор со стороны Аральского моря -- определяют образование здесь мощного бассейна грунтовых вод, насыщающих аллювиальные породы.

Минерализация этих грунтовых вод в орошаемой части оазиса невелика. Она несколько возрастает в верхней мелкоземистой части насыщенной толщи, и только под неорошаемыми землями и на периферии оазиса значительна.

Наличие значительных запасов слабо минерализованной грунтовой воды, возможность осуществить отбор её в больших количествах создает перспективу широкого развития орошения грунтовой воды, откачиваемой насосами из дрен и коллекторов. На этой основе возможно использование на некоторой части орошаемой площади (для распределения откачиваемой воды) низконапорных систем, что облегчит проведение промывных поливов, позволит сократить применяемые теперь громадные промывные нормы и проводить их в более ранние сроки. Для распределения речной воды возможно использование обычных ирригационных каналов.

Ничтожный уклон поверхности и большое удельное значение невегетационных поливов требуют горизонтальной планировки поверхности, которая практикуется здесь издавна. Основными способами должны быть поверхностные способы полива — затоплением в невегетационный период и по тупым бороздам в вегетацию. В дальнейшем рост потребления грунтовой воды на орошение, развитие работ по механическому подъему воды из коллекторов и колодцев, строительство закрытых систем создаст условия для применения дождевания на части орошаемой площади. Сводная таблица схемы районирования техники полива дана в приложениях.

В качестве примера нами сделана схема районирования техники полива для целинной и орошенной частей Голодной степи. Возникающие здесь задачи регулирования водносолевого режима почвогрунтов на землях старого орошения с близкими, уже значительно опреснившимися грунтовыми водами и на целинных землях с поднимающимися, и местами уже близкими, минерализованными грунтовыми водами, создают особые трудности при выборе перспективной техники полива.

Для земель старого орошения с сложившимися условиями местного оттока и распределения освоенных земель и перелогов в основном сохраняются оросительные системы существующего типа с открытыми земляными каналами и преимущественно поверхностные способы полива; в невегетационный период затоплением или напуском, а в вегетацию по бороздам, или дождеванием.

Известные различия в проектируемой технике полива для разных районов зоны старого орошения (зона командования магистрального канала им. Кирова, Баяутский массив и бывшая Казахская часть Голодной степи) связаны в основном с разными условиями их дренированности и интенсивности процессов сезонного засоления.

Для территории таких крупных понижений мезорельефа как Шурузякское и Сардобинское, характеризуемых высокой (от 5 до 30 гр/л) минерализацией грунтовых вод и значительными площадями неиспользуемых засоленных земель, проектируется проведение невегетационных поливов на горизонтально спланированных чеках, а в вегетацию полив по тупым бороздам (сравнительно коротким) внутри чеков.

Основные площади третьей (наиболее древней) и часть второй надпойменных террас и склонов этих террас к понижениям, с лучшими местными условиями оттока, где минерализация грунтовых вод снижается до 5-10 гр/л, а меньшая интенсивность сезонного засоления позволяет сократить размер промывных норм, проектируются зимние поливы в основном напуском (при сохранении естественного уклона поверхности), вегетационные по бороздам длиной до 300-350 м.

В районах с наиболее благоприятными условиями оттока и минерализацией грунтовых вод менее 3 гр/л намечено в вегетационный период дождевание самоходными машинами. Сюда относятся: вторая терраса на восток от Правой ветки, заканчивающаяся обрывом к пойменной террасе, земли третьей террасы, примыкающие непосредственно к современной долине Сыр-Дарьи (нижняя часть совхоза "Пахта-Арал"), а также часть земель, непосредственно примыкающих к каналу им. Кирова.

Для зоны целинных земель, орошаемых из Южного Голодно-степского канала, в районах с уже поднятыми близко к поверхности минерализованными грунтовыми водами, проектируются те же типы открытых оросительных систем с поверхностными способами полива. При высоком начальном засолении почв и минерализации грунтовых вод намечается горизонтальная планировка, промывки затоплением и вегетационные поливы по тупым бороздам. При меньшей засоленности почв и минерализации грунтовых вод проектируется планировка с сохранением естественного уклона и вегетационные поливы по

тупым бороздам. При меньшей засоленности почв и минерализации грунтовых вод проектируется планировка с сохранением естественного уклона и вегетационные поливы по длинным бороздам (до 350 м).

Для земель с глубокими грунтовыми водами проектируются закрытые низконапорные системы и поверхностные способы полива. При уклоне 0,001-0,003 и больше намечены самонапорные системы и полив в вегетационный период из дополнительных звеньев коротких гибких трубопроводов (рис. 14).

На землях с уклоном менее 0,001 намечены закрытые системы с параллельным распределителям, направлением полива по бороздам из гибких длинных шлангов при искусственном напоре, создаваемом насосами, либо поперечный полив с помощью переносных лотков из самонапорной сети. Результаты проектирования техники полива показаны на рис. 15.

При составлении схемы использованы материалы С.Л. Миркина - АН СССР и Институты Средазгипроводхозов, Узгипроводхоз (Б.А. Михельсон и В.Ф. Поярков) и Казгипроводэлектро.

#### ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ.

Наши исследования по планировке поверхности были связаны вначале с переустройством ирригационных систем и укрупнением поливных участков. Они охватывали вопросы методики проектирования, производства, организации работ и освоения спланированных земель. В послевоенные годы - с 1946-1947 г.г. по 1953 г., участвуя в работах мелиоративного отряда третьей Мирзачульской МТС, нами составлены

проекты и проведена планировка, промывка и освоение засоленных перелогов в ряде хозяйств Голодной степи.

В опубликованных в это время работах доказывается необходимость проектирования планировочных работ на основе инструментальной съемки поверхности, анализируются условия определяющие очередность планировки земель, требования к проектной поверхности и точности выполнения работ в разных условиях и при различных способах полива.

В опубликованной в 1951 году работе [6] предложена методика проектирования путем "исправления горизонталей" (совмещая на плане изображения существующей и проектной поверхности).

Представленная к защите работа [12] включает главы:

1. Развитие планировочных работ в Голодной степи,
2. Природные условия целинной части Голодной степи и особенности планировки,
3. О форме поверхности планируемых земель Голодной степи,
4. Вопросы производства работ,
5. О точности планировочных работ,
6. Проектирование планировочных работ,
7. Об организации планировочных работ.

В первой главе дается кратко история развития планировочных работ в Голодной степи и описание собственных экспериментальных и производственных работ в группе колхозов третьей Мирзачульской МТС.

Во второй главе дана классификация рельефа, микро-рельефа, почвенная характеристика, засоление и просадочность, в разных природных зонах целинной части Голодной степи.

В этой главе показано, что существует самая тесная связь между потребностью в планировках, степенью засоления почв, глубиной и отточностью грунтовых вод, характером микрорельефа. Сделан анализ нуждаемости этих земель в планировках и выявлены типы потребных планировок. Обоснованы сроки проведения работ (до начала или в процессе освоения земель).

В третьей главе решаются вопросы выбора формы поверхности в зависимости от техники полива и промывки засоленных земель на основе собственных опытов освоения солончаков Сардобинского понижения и имеющихся литературных материалов. Установлены допустимые изменения уклона в продольном и поперечном профиле участка.

В четвертой главе даются классификация машин, применяющихся на планировке, условия их производительного использования и применения в зависимости от характера микрорельефа, объемов работ и дальности возки. Показана необходимость применения длиннобазных планировщиков.

В пятой главе на основе анализа полученных собственных данных по вертикальной съемке продольных профилей поливных борозд, на землях с разным уклоном, доказывается, что точность планировочных работ должна определяться характером рельефа, техникой полива и зависит также от типа применяемых машин. Для иллюстрации этого положения приводятся материалы проведенных съемок поверхности в нескольких колхозах и совхозе "Пахта-Арал".

В шестой главе методы проектирования разделяются по признакам: а) по выбранной форме проектной поверхности; б) по величине площади, являющейся единицей проектирования; в) по способам назначения проектных отметок. На этой основе рассмотрены существующие методы проектирования и сформулированы основные требования для различных условий.

В этой главе освещены вопросы съемки, переноса проекта в натуру и производства работ. В выводах подчеркивается два обязательных условия: а) непрерывность всего процесса—съемки, проектирования и производства работ, б) необходимость объединения всех процессов в одной организации и переход к производству рабочего проектирования планировки на месте.

## Приложение I

Схема районирования техники полива зоны хлопко-  
сеяния (сводная таблица)

| Характеристика подзона<br>и районов                                                                                                                                                                                                            | Характеристика под-<br>районов                                                                                                | Перспективная техника<br>полива                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Дрезные проливисто-<br>аликвальные подгорные<br>равнины и верхние реч-<br>ные террасы. Пояс ти-<br>пичных серозёмов, глу-<br>бокие грунтовые воды<br>(Самаркандские, При-<br>ташкентские оазисы,<br>верхние террасы Фер-<br>ганской долины) | 1) Уклон поверхнос-<br>ти больше 0,02,<br>местность всхол-<br>мленная, скат в<br>разных направле-<br>ниях.                    | Полив по бороздам, иду-<br>щий под углом к гори-<br>зонталям очень малыми<br>струями. Замена кана-<br>лов, идущих по основно-<br>му уклону металличе-<br>скими или асбоцементны-<br>ми трубопроводами.                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 2) То же, на мало-<br>мощных проницае-<br>мых грунтах                                                                         | Дождевание с малой<br>интенсивностью из<br>установок с разборными<br>трубами среднеструй-<br>ными разбрызгивателями                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 3) Рельеф более<br>спокойный, уклон<br>поверхности<br>0,008-0,02 длин-<br>ные однородные<br>скаты.                            | Полив по бороздам из<br>закрытых низконапорных<br>оросительных систем,<br>с применением жестких<br>или гибких переносных<br>поливных трубопрово-<br>дов. Планировка поверх-<br>ности и трасс поливных<br>трубопроводов.                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                | 4) Средние и не-<br>большие уклоны по-<br>верхности (0,003-<br>0,008), однородные<br>почвы на мощных<br>отложениях лёсса.     | Полив по длинным бороз-<br>дам нормально горизон-<br>талям из земляных кана-<br>лов (преимущественно<br>поперечная схема) с<br>помощью постоянных и<br>переносных сооружений<br>на сети и сифонов или<br>трубок, по тщательно<br>спланированной поверх-<br>ности. |
| II. Нижние, пойменные и<br>надпойменные терра-<br>сы в верхнем и<br>среднем течении рек<br>(Чирчика, Ангрена и<br>др.). Луговые незасо-                                                                                                        | I) Сероземно-луго-<br>вые и луговые поч-<br>вы на мощном мел-<br>коземистой покрове,<br>грунтовые воды<br>не ближе 1,2-1,5 м. | Полив по бороздам дли-<br>ной 150-200 м из зем-<br>ляных каналов по тща-<br>тельно спланированной<br>поверхности.                                                                                                                                                 |

---

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| I | : | 2 | : | 3 |
|---|---|---|---|---|

---

ленные почвы пояса  
типичных сероземов,  
близкие пресные грун-  
товые воды

2) То же, при близ-  
ком залегании га-  
лечника, песка и гле-  
евых горизонтов.

Дождевание двухконсоль-  
ными машинами из каналов  
или дренажной сети.

При сложном мезо и  
микрорельефе и не-  
достаточной сплани-  
рованности земель.

3) Лугово-болотные  
почвы с грунтовыми  
водами ближе  
1,0-1,2 м.

Дождевание с помощью ус-  
тановок разборных труб  
(среднеструйные разбрызги-  
ватели) грунтовой водой,  
откачиваемой из колодцев  
или дренажной сети.

Местности с недоста-  
точным дренажем.

Ш. Верхние, 2 и 3 тер-  
расы рек, древнеаллю-  
виальные равнины.  
Пояс светлых серозе-  
мов (Голодная и Кар-  
шинская степи).

а) Орошаемые земли  
с близкими в разной  
степени минерали-  
зованными грунтовы-  
ми водами и засолен-  
ными почвами.

1) Понижения с бес-  
сточными сильно ми-  
нерализованными  
грунтовыми водами,  
засоленными почвами  
и солончаковыми  
перелогами

Промывные и вегетационные  
поливы непропашных куль-  
тур затоплением по гори-  
зонтально спланированной  
поверхности.  
Первые вегетационные  
поливы пропашных культур  
по тупым бороздам.

2) Водоразделы и  
склоны водоразделов,  
полосы вдоль ирри-  
гационной сети, с  
лучшими местными  
условиями оттока и  
минерализацией  
грунтовых вод менее  
6 г/л.

Вегетационные поливы по  
глубоким бороздам достаточ-  
ной длины при широких  
междурядьях. Промывные по-  
ливы затоплением или на-  
пуском. Тщательная плани-  
ровка с сохранением уклона.

3) Массивы с хороши-  
ми местными условия-  
ми дренированности  
(границы террас, по-  
лосы вдоль крупных  
каналов), слабо ми-  
нерализованные

Комбинированная ("Пахта-  
аральская") оросительная  
система — промывные поливы  
затоплением, вегетационные —  
дождеванием из открытой  
сети двухконсольными маши-  
нами.

| I                                                                                            | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| б) Целинные земли                                                                            | <p>грунтовые воды (менее 3-4 г/л; промытые почвы).</p> <p>1) Глубокие грунтовые воды, рассоленные сверху почвы, уклон поверхности 0,001-0,003 и больше.</p> <p>2) Глубокие грунтовые воды, рассоленные сверху почвы, уклон поверхности менее 0,001.</p> <p>3) Близкие минерализованные грунтовые воды. Засоленные почвы.</p> | <p>Закрытые самонапорные оросительные системы. Не-вегетационные поливы затоплением с подачей воды на поле из стационарных трубопроводов. Вегетационный полив по гибким бороздам широкими междурядьями, из коротких (25-50 м) переносных поливных трубопроводов, питающихся от гидрантов стационарной сети. Тщательная планировка.</p> <p>Закрытые оросительные системы, состоящие из транспортирующего и поливного (передвижного) звеньев с механической подачей воды или поперечный полив из самонапорной закрытой сети с выпуском воды в борозды через переносные лотки. Полив невегетационный - затоплением. Вегетационный - по глубоким бороздам с широкими междурядьями. Тщательная планировка.</p> <p>Оросительная сеть-обычные земляные каналы. Невегетационные поливы - затоплением. Вегетационные - по глубоким бороздам, с широкими междурядьями. После промывки почв и опреснения грунтовых вод возможен переход к закрытой или лотковой сети.</p> |
| <p>Местности бессточные.</p> <p>IV. Сухие дельты (Сохский, Мургабский, Бухарский оазисы)</p> | <p>I) Верхние части с грубыми маломощными почвами и глубокими грунтовыми водами.</p>                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Низконапорные закрытые системы, полив по бороздам. На участках с интенсивной эрозией дождевание установками с разборными трубопроводами.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| 1                                                                           | :                                                                                  | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | :                                                                                                                                 | 3                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2) Средние части дельты в поясе выклинивания пресных грунтовых вод.         | 3) Нижние части дельты, близкие минерализованные грунтовые воды. Засоленные почвы. | У. Верхние части приморских и дельтовых равнин (Хорезмский оазис, КК АССР).<br><br>Ничтожный уклон поверхности, крайне затрудненный отток, близкие в разной степени минерализованные грунтовые воды.                                                                                                                                                                                                      | Орошение грунтовой и речными водами из открытых каналов или колодцев. Полив по бороздам или при откачке воды, также и дождевание. | В невегетационный период — полив затоплением, в вегетационный — по бороздам. Преимущественно горизонтальная планировка поверхности. |
| У. Верхние части приморских и дельтовых равнин (Хорезмский оазис, КК АССР). |                                                                                    | Большой удельный вес откачиваемых слабо минерализованных грунтовых вод в орошении. Получение дополнительной воды из дрен и скважин насосными установками, распределяемой через закрытые оросительные системы. Для распределения речной воды — земляные каналы. Полив в вегетационный период затоплением. В вегетацию по глубоким бороздам с широкими междурядьями. Горизонтальная планировка поверхности. |                                                                                                                                   |                                                                                                                                     |

## Приложение 2

## СПИСОК

опубликованных работ автора по теме диссертации

| № п.п. | Наименование                                                        | Издательство                                                                                                      | Колич. печати. листов | Примечание                                                                  |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 2                                                                   | 3                                                                                                                 | 4                     | 5                                                                           |
| 1.     | Техника полива хлопчатника в крупных механизированных хозяйствах    | Изд. САНИИРИ, Ташкент, 1934 г.                                                                                    | 4,1                   | Представлена на соискание ученой степени доектора сельскохозяйственных наук |
| 2.     | К вопросу проектирования планировки поверхности орошаемых полей     | Изд. САНИИРИ, 1939 г.                                                                                             | 3,0                   | Совтор Вавилов А.П.                                                         |
| 3.     | Переустройство неинженерных колхозных оросительных систем           | В сборнике "Повышение урожаев хлопка в Средней Азии", материалы IX пленума секции гидрот. и мел. ВАСХНИЛ. 1941 г. | 1,6                   |                                                                             |
| 4.     | Колхозное водопользование                                           | Изд. САНИИРИ, 1941 г.                                                                                             | 3,0                   |                                                                             |
| 5.     | Результаты опытов по технике полива в совхозе Баяут                 | Сборник статей по ирригации, Ташкент. 1948 г.                                                                     | 1,0                   |                                                                             |
| 6.     | Составление рабочих схем планировки поливных участков               | УзГосиздат, 1951 г.                                                                                               | 1,8                   |                                                                             |
| 7.     | Планировка укрупненных поливных участков                            | Журнал Социалист. с/х Узбекистана, 1951, № 2                                                                      | 0,7                   |                                                                             |
| 8.     | Составление рабочих схем при частичной планировке орошаемых земель. | Журнал "Хлопководство" 1951, № 2                                                                                  | 0,6                   |                                                                             |
| 9.     | Борьба с фильтрацией из каналов путем уплотнения грунтов            | Журн. Гидротехника и мелиорация, 1953, № 3                                                                        | 0,7                   |                                                                             |

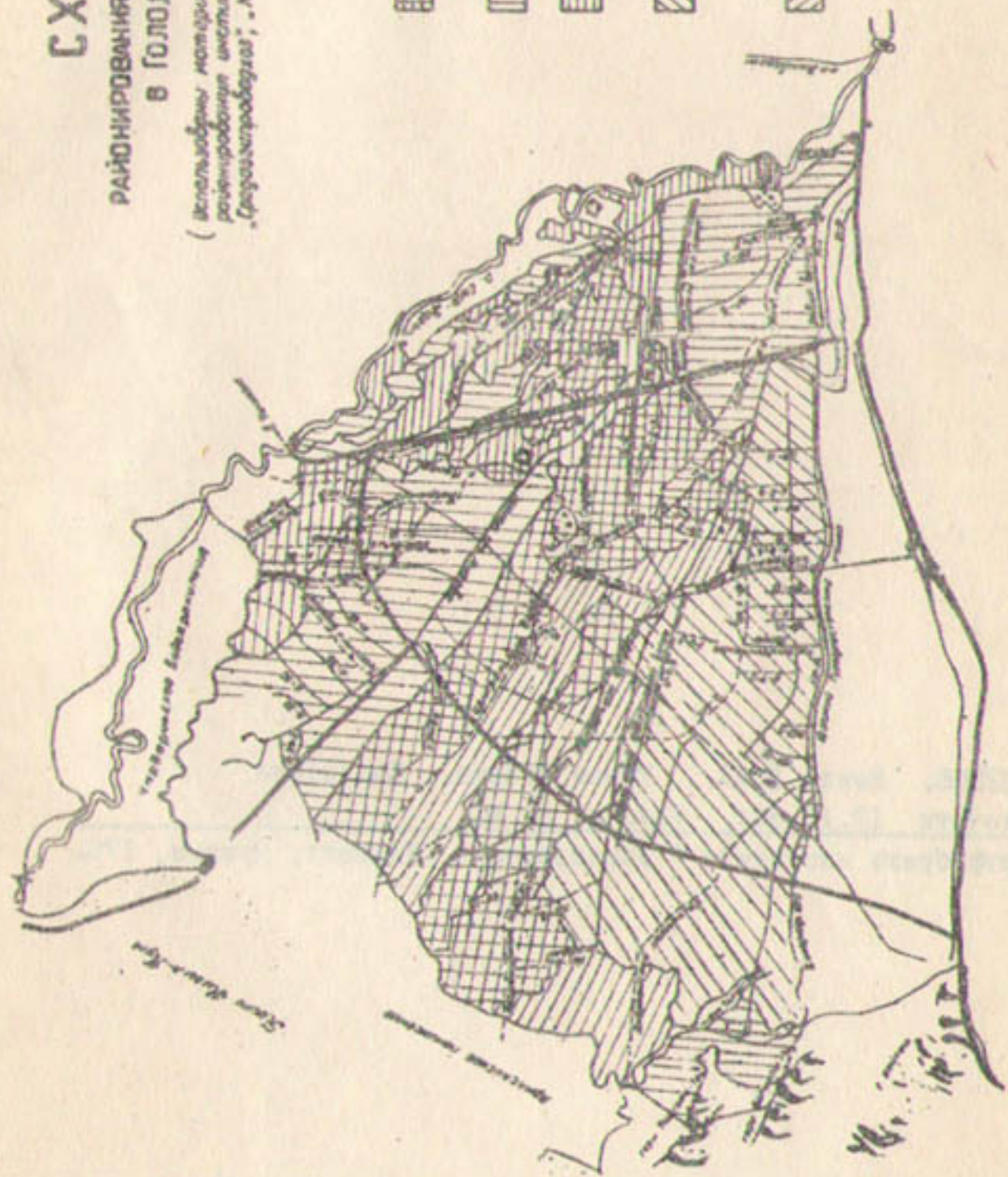
| I :                                                                    | 2                                                                                                  | : | 3   | : | 4 | :                                                           | 5 |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|---|---|-------------------------------------------------------------|---|
| 10. Совершенствование техники полива хлопчатника                       | Журн. Соц. с. х. Узбекистана, 1954, № 1                                                            |   | 0,5 |   |   |                                                             |   |
| 11. Об улучшении и механизации полива хлопчатника                      | Изв. АН УзССР, 1955, № 6                                                                           |   | 0,8 |   |   |                                                             |   |
| 12. О планировке земель нового орошения в Голодной степи               | Труды ТИИМСХ, вып. У, 1957                                                                         |   | 3,2 |   |   | Представлена на соискание ученой степени доктора с. х. наук |   |
| 13. Особенности планировки целинных земель Голодной степи              | Журн. Соц. с. х. Узбекистана, 1957, № 3                                                            |   | 0,5 |   |   |                                                             |   |
| 14. Какова должна быть поверхность планируемых земель в Голодной степи | Журн. Соц. с. х. Узбекистана, 1957, № 7                                                            |   | 0,3 |   |   |                                                             |   |
| 15. О плане мелиоративных исследований в Голодной степи                | "Материалы по произв. силам Узбекистана, АН УзССР", вып. 8, 1957 г.                                |   | 0,8 |   |   |                                                             |   |
| 16. Вопросы планировки земель Голодной степи                           | Сборн. "Материалы научно-производствен. сессии АН УзССР по орошению и освоению Гол. степи, 1957 г. |   | 0,5 |   |   |                                                             |   |
| 17. Подпочвенное орошение грунтовыми водами в США                      | Журн. Соц. с. х. Узбекистана, 1959 г., № 2                                                         |   | 0,3 |   |   |                                                             |   |
| 18. О выборе элементов техники полива по бороздам                      | Журн. Хлопководство, 1960 г. № 2                                                                   |   | 0,5 |   |   |                                                             |   |
| 19. Полив по бороздам                                                  | УзГИЗ, 1960 г.                                                                                     |   | 2,7 |   |   |                                                             |   |
| 20. Полив хлопчатника по бороздам сифонами                             | Бюл. Механизация хлопководства, 1960 г., № 7                                                       |   | 0,5 |   |   |                                                             |   |
| 21. Теория и расчет полива по бороздам                                 | Изв. АН УзССР., 1960 г., № 6 (серия технич.)                                                       |   | 1,0 |   |   |                                                             |   |

| 1 : | 2                                                                                  | 3                                                                    | 4 :  | 5                                                                           |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 22. | Расчет полива по бороздам                                                          | Журн. Гидротехн. и мелиор., 1961, № 1                                | 0,7  |                                                                             |
| 23. | О величине расхода в поливных бороздах                                             | Ж. Сел. хоз. Узб. 1961, № 12                                         | 0,5  |                                                                             |
| 24. | О впитывании воды в почву при орошении                                             | Сборн. трудов ТИИИМСХ, 1961, № 18                                    | 0,8  | Представлена на соискание ученой степени доктора сельхознаук                |
| 25. | О способах равномерного увлажнения почвы при поливе по бороздам                    | Журн. "Хлопководство", 1962, № 1                                     | 0,7  | Переведена в Румынии                                                        |
| 26. | Определение элементов на технику на поливане по борозди                            | Ж. Селекостопанска наука, 1963, № 3-4, София (на болгарском языке)   | 1,0  | Соавтор Цветан Матев                                                        |
| 27. | Некоторые результаты исследований по технике полива на новых землях Голодной степи | Журнал "Гидротехника и мелиорация", 1963, № 8                        | 0,8  |                                                                             |
| 28. | Методические указания по расчету техники полива (для хлопковой зоны)               | Госстрой СССР, Средазглавир-совхозстрой, 1963 г.                     | 1,25 |                                                                             |
| 29. | Перспективы развития новой техники орошения                                        | Ж. Коммунист Узбекистана, 1964 г., № 2                               | 0,6  |                                                                             |
| 30. | Теоретические основы проектирования техники полива                                 | Сборник трудов ТИИИМСХ, 1964 г.                                      | 2,0  | Представлена на соискание ученой степени доктора сельхознаук                |
| 31. | Техника полива сельхозкультур                                                      | Раздел в учебнике "Орошаемое земледелие", Изд. "Узбекистан", 1965 г. | 2,5  | Представлена на соискание ученой степени доктора сельхознаук                |
| 32. | Механизация и районирование техники полива                                         | Изд. "Узбекистон" 1966 г.                                            | 5    | Представлена на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук. |

# СХЕМА

## РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕХНИКИ ПОЛИВА В ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

(Использованы материалы работы коллектива  
районирования института "Сельскохозяйственный  
"Сельскохозяйственный" "Сельскохозяйственный" и С.П. Теркина)



### Условные обозначения

В неветвистом период лавы затоп-  
лены из открытой оросительной се-  
ти по вертикальным ступенчатым  
каналам в ветвистом по типу бороздам  
внутренней.

В неветвистом период лавы затоп-  
лены и нахлест из открытой ороситель-  
ной сети, лавы затоплены с орошением уде-  
не в ветвистом лавы по бороздам уфре-  
не в ветвистом период лавы затоп-  
лены и нахлест из открытой ороси-  
тельной сети в ветвистом период  
мне самоотливными лавы затоп-  
лены сети.

В неветвистом период лавы затоп-  
лены из сточной самонапол-  
ной оросительной сети. В ветвистом лавы  
по типу бороздам из лавы  
(25м) ороситель переносим шлам-  
теб переносим сточной сети.

В неветвистом период лавы  
затоплены из закрытой сто-  
очной сети. В ветвистом лавы  
по типу бороздам из лавы  
затоплены лавы затоплены  
лентой нахлест сточной  
трубопроводов, с искусственным  
напором в системе