

Международный Фонд спасения Арала  
Межгосударственная Координационная Водохозяйственная Комиссия  
Центральной Азии  
Научно-информационный центр

**А. Алимжанов, Р. Сагдуллаев**

# **Водосбережение в Узбекистане: теория и практика**

**Ташкент  
2021**



Введение .....	5
I. Водопотребление сельскохозяйственных культур.....	7
1.1 Отечественный опыт определения водопотребления СХК.....	7
1.2 Водный режим почвы и управление его с помощью поливов .....	9
1.3 Почвенная влага, ее свойства и доступность для растения .....	11
1.4 Зарубежный опыт управления почвенной влагой (методика ФАО) .....	14
1.5 Расчет потребностей в воде для сельхозкультур с помощью программы CROPWAT.....	16
1.5.1 Параметры, вводимые в программу CROPWAT .....	17
1.5.2 Принципы гидромодульного районирования.....	18
II. Водосберегающие технологии полива.....	21
2.1 Поверхностное орошение .....	24
2.1.1 Совершенствование арматуры поверхностного полива в Узбекистане.....	27
2.1.2 Полив по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам.....	27
2.1.3 Трубки-сифоны .....	29
2.1.4 Гибкие и жесткие поливные трубопроводы .....	30
2.1.5 Дискретный полив.....	32
2.1.6 Опыт Узбекистана по применению поверхностного орошения.....	33
2.2 Дождевальное орошение .....	42
2.2.1 Рабочие органы дождевальных машин и установок.....	50
2.2.2 Виды дождевания .....	51
2.2.3 Системы спринклерного полива .....	52
2.2.4 Опыт внедрения дождевого орошения в Узбекистане.....	53
2.3 Капельное орошение.....	55
2.3.1 Опыт внедрения капельного орошения в Узбекистане.....	58
2.4 Внутрипочвенное орошение .....	61
2.4.1 Опыт внедрения внутрипочвенного орошения в Узбекистане .....	63
III. Планировка орошаемых земель.....	65
3.1 Применяемые землеройно-планировочные машины .....	66
3.2 Планировка орошаемых земель в Узбекистане .....	72
IV. Мероприятия, направленные на предотвращение потерь воды в оросительной сети.....	73
4.1 Методы борьбы с потерями воды.....	73
4.2 Способы уменьшения фильтрационных потерь.....	75

4.3 Применение различных типов облицовок на каналах Узбекистана.....	80
V. Борьба с организационными потерями на гидромелиоративной сети.....	83
5.1 Планирование водопользования.....	83
5.2 Реализация планов водораспределения.....	87
5.2.1 Эксплуатационная гидрометрия и учет воды.....	87
5.2.2 Служба эксплуатации оросительных систем.....	87
5.2.3 Оперативное планирование водопользования.....	91
5.3. Мониторинг и оценка водораспределения.....	91
5.3.1 Исходная информация для мониторинга и оценки водопользования.....	92
5.3.2 Показатели мониторинга водопользования.....	93
5.3.3 Оперативная корректировка планов водопользования.....	94
5.3.4 Техническое обслуживание и ремонтно-восстановительные работы.....	97
5.4. Борьба с организационными потерями в Узбекистане.....	98
Список литературы.....	100

## Введение

Данный обзор подготовлен в соответствии с «Планом реализации основных направлений усиления деятельности МКВК», одобренным и рекомендованным к исполнению на 63-м заседании МКВК (18-19.04.2014 г., Ташкент). «План...» включает четыре направления: (1) Водосбережение; (2) Внедрение ИУВР как инструмента «зеленого» развития и адаптации к изменению климата; (3) Повышение качества и точности учета водных ресурсов; (4) Укрепление потенциала региональных и национальных организаций. Для реализации «Плана» по каждому направлению созданы региональные рабочие группы. На национальном уровне члены МКВК в своих странах создали по каждому направлению национальные рабочие группы (НРГ) из числа местных специалистов. Задача НРГ – сбор информации о том что уже сделано в странах по данному вопросу, какие получены результаты, анализ степени достаточности и действующих мероприятий для удовлетворения нужд стран региона и разработка программы дальнейших работ на страновом уровне.

6 июня 2017 года в Ашхабаде в рамках Центрально-Азиатского экологического форума «Инициатива для сотрудничества по окружающей среде и устойчивому развитию в Центральной Азии» рабочая группа по водосбережению провела рабочее совещание с участием представителей национальных рабочих групп из Узбекистана, Казахстана, Туркменистана и представителей региональной группы по водосбережению из НИЦ МКВК.

Основной акцент дискуссий был направлен на вопросы водосбережения как на уровне поля, так и принятия мер на уровне магистральных каналов и снижении потерь при транспортировке воды. По итогам заседания было решено членам национальных рабочих групп от стран направить страновые доклады по водосбережению по согласованной структуре региональной группе для подготовки доклада на юбилейной конференции МКВК в ноябре 2017 года в г. Ташкенте.

На совещании рабочих групп представители стран отмечали, что меры по вопросам водосбережения на уровне бассейнов рек и магистральных каналов, проводятся во всех странах в соответствии с государственными планами развития. На эти нужды выделяются большие средства с привлечением больших инвестиций международных партнеров по развитию. Однако развитие водосберегающих технологий орошения на уровне поля и водопотребителей в каждой стране находится на недостаточном уровне. Имея в виду, что Центрально-Азиатский регион находится в условиях жесткого дефицита водных ресурсов и с учетом существующих и повсеместно доступных водосберегающих технологий орошения, наиболее важным, является провести работы по оценке и возможным путям развития именно в этом направлении.

В данном обзоре использованы материалы национальной рабочей группы Узбекистана, материалы Концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы, материалы и информация из базы знаний НИЦ МКВК, а также из других источников.

Сделан акцент на водосберегающие меры и мероприятия на оросительной сети, планирование водопользования на межхозяйственных и внутрихозяйственных каналах, использование водосберегающих техник и технологий на уровне орошаемого поля.

Данный обзор водосберегающих техник и технологий предназначен для специалистов водохозяйственных организаций, кластеров, кооперативов, АВП и фермерских хозяйств.

# I. Водопотребление сельскохозяйственных культур

## 1.1 Отечественный опыт определения водопотребления СХК

Режим орошения определяется нормой, числом и сроками полива выращиваемых культур. Он зависит от биологических особенностей растений, климатических, почвенных и гидрологических условий орошаемых земель [1].

Содержание влаги в почве в естественных (природных) условиях может изменяться от состояния увлажнения на уровне гигроскопической влаги до уровня полной влагоемкости. Для растений нежелательны как недостаток, так и избыток влаги. Нормальные условия роста создаются тогда, когда в почве 40-50% пор занято воздухом, остальные промежутки между почвенными частицами заполнены водой. Обычно такое увлажнение наблюдается при насыщении почвы влагой до состояния полевой влагоемкости, определяемой в основном капиллярной скважностью почвы.

Увлажнение почвы не остается неизменным на протяжении периода вегетации, поэтому в природных условиях сложно постоянно поддерживать оптимальную увлажненность. Растения снижают интенсивность роста при уменьшении влажности от оптимальной величины, но рост их не прекращается. Снижать влажность до критической величины (влажности завядания) недопустимо.

Влажность завядания наступает для супесчаных почв при объемной влажности 4-6 %, легких суглинков – 6-8 %, средних суглинков – 8-10%, тяжелых суглинков – 10-14%.

Под водопотреблением сельскохозяйственных культур понимают расход воды на определенной площади за период вегетации растений: выражается в м<sup>3</sup>/га или в мм [2].

Коэффициент водопотребления (удельное водопотребление) – количество воды, израсходованной за вегетационный период на 1 тонну продукции. Водопотребление определяют экспериментально на основе уравнения водного баланса в результате многолетних наблюдений за осадками, запасами влаги в почве, потерями воды и т. д.

Водопотребление изменяется в зависимости от внешних условий, вида растений, уровня агротехники. Сочетание орошения с высокой агротехникой, применением удобрений даёт максимальное повышение урожайности сельскохозяйственных культур при уменьшении коэффициента водопотребления. Коэффициенты водопотребления колеблются в широких пределах в зависимости от природно-климатических условий конкретных лет, почв и уровня агротехники. Академик А.Н. Костяков дал ориентировочные значения коэффициента водопотребления для условий Средней Азии, Заволжья и Украины (м<sup>3</sup>/т): для зерновых 1100-550, хлопчатника 1800-900 (при урожайности

30-50 ц/га), для многолетних трав на сено 1000-400 (при урожайности 500-1000 ц/га).

Получение высоких гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур возможно при их оптимальном водопотреблении [4].

Водопотребление поля, занятого сельскохозяйственной культурой, расходуется на транспирацию ( $E_T$ ) и испарение почвы ( $E_P$ ) [2]:

Эвапотранспирация определяется по формуле:

$$E = E_T + E_P$$

На испарение с поверхности почвы действуют только факторы внешней среды, а транспирация обуславливается взаимным влиянием внешних и внутренних факторов растений. Определить доли транспирации  $E_T$  и испарения почвы  $E_P$  в водопотреблении сложно, поэтому их обычно определяют как единое целое.

Существуют следующие методы определения водопотребления: методы непосредственных полевых измерений; расчетные методы; эмпирические зависимости.

**Метод водного баланса** (МВБ) основан на уравнении водного баланса поля. Он дает достаточно надежные данные и применяется в случае глубокого (5-10 м) залегания уровня грунтовых вод. Тогда влагообменом между грунтовыми и почвенными водами можно пренебречь. Этим методом можно вычислять декадное и месячное водопотребление растений для однородных почв с погрешностью 10-12%, а для неоднородных около 15%. Недостаток этого метода – в его трудоемкости и неоперативности. Он дает лишь осредненную величину водопотребления, не выявляя его зависимости от других факторов.

Существуют **теоретические методы** расчета суммарного водопотребления (испарения), основанные на физических законах испарения (методы Пенманна, Тюрка и др.), **эмпирические методы**, основанные на функциональной зависимости испарения от урожая, температуры и относительной влажности воздуха (методы Костякова, Шарова, Алпатьева и др.).

Проектные институты суммарное испарение (водопотребление) принимают по рекомендации научных учреждений или рассчитывают по формуле С.М. Алпатьева, то есть пользуются биоклиматическим методом. Согласно С.М. Алпатьеву, суммарное испарение является функцией дефицита влажности воздуха.

Потребность растений в воде на протяжении вегетационного периода неодинакова и частично удовлетворяется выпадающими осадками, оросительную норму следует подавать в засушливые периоды на поле не сразу, а частями [2].

Норма отдельного полива равна разности запасов воды в расчетном слое до и после полива.



Академик А.Н. Костяков разработал наглядный графоаналитический способ определения поливных норм и сроков полива сельскохозяйственных культур.

В течение вегетационного периода оросительную норму подают частями в соответствии с изменением мощности корнеобитаемого слоя, потребности растений в воде, естественным увлажнением, допустимыми пределами влажности.

На поливные нормы влияют мощность почвенного слоя и литологическое строение подстилающих грунтов. На маломощных почвах, подстилаемых хорошо проницаемыми грунтами, нормы уменьшают. Оказывает влияние и рельеф местности: при больших уклонах поливные нормы следует уменьшать. На засоленных и склонных к засолению почвах нормы поливов больше, чем на незасоленных. Из опыта орошения земель установлены пределы поливных норм при разных способах полива (м, мм): поверхностный — 80-120; дождевание — 15-70; капельный — 5-10; подпочвенный — 5-10 режим орошения с расчетной обеспеченностью увлажнения.

## **1.2 Водный режим почвы и управление его с помощью поливов**

Формирование и динамика водного режима почвы и возделывание в ней растений зависит от притока солнечной энергии, осадков, температуры воздуха и почвы, ветрового режима и других климатических факторов, а также техники и способа полива, условий подачи воды, который разрабатывается на основе суммарного водопотребления или суммарного испарения [3].

Вода, поданная на поле, занятое сельскохозяйственной культурой, теряется на испарение одновременно по трем составляющим: испарение с самой почвы, транспирацию растений и испарение естественных и искусственных осадков, попавших на вегетативные органы растений во время полива.

Транспирацию следует рассматривать как физический процесс, подчиняющийся закону Дальтона. Поступление и передвижение воды по растению обусловлено разностью корневого давления и давления при испарении воды листьями. При насыщении атмосферы водяным паром транспирация снижается, так как с листьев влага не испаряется.

Величина транспирации с поверхности листа при оптимальном увлажнении почвы приближается к испарению с открытой водной поверхности такой же площади. В этом случае она будет зависеть от энергетических ресурсов: солнечной радиации и скорости ветра. Эта зависимость приводит к характерному суточному ее режиму с минимальными значениями в ночные часы и максимум в 13-14 часов.

В течение периода вегетации орошение участков проводят неоднократно. Период времени, в течение которого возникает надобность в поливах, называется оросительным периодом. Длительность его зависит от продолжительности вегетации орошаемой культуры. Количество воды, которое подается на 1 га орошаемой площади за оросительный период, называется оросительной нормой. Эта норма вычисляется как разница между водопот-

реблением растений и естественными ресурсами влаги в почве в течение вегетации [3]

Величину оросительной нормы  $M$  определяют по уравнению:

$$M = E - P_n + И - Z_n + Z_k - B_{гв}$$

Где:  $E$  – транспирация растениями (водопотребление);

$P$  – количество осадков, поступающее в течение вегетации в активный слой почвы (АСП);

$Z_n$  – запас влаги в АСП в начале вегетации;

$Z$  – запас влаги в АСП в конце вегетации;

$B_{гв}$  – количество влаги, поступающее в АСП от грунтовых вод;

$И$  – испарение в период вегетации.

Оросительная норма должна обеспечивать увлажнение только активного слоя почвы без сброса воды в нижние горизонты, а на орошение, наоборот, следует использовать влагу грунтовых вод. Поэтому на землях с близким залеганием грунтовых вод оросительную норму следует уменьшать.

Объем воды, который требуется подавать на 1 га орошаемой площади за один полив, называется поливной нормой, или нормой полива.

Величина поливной нормы зависит от степени увлажнения почвы к началу полива, величины потребления воды растениями в данную фазу развития, влагоемкости почвы, глубины слоя промачивания почвы. На норму полива оказывает влияние возможность регулирования подачи воды и водного режима, а также техника полива. Устанавливая поливную норму, необходимо, чтобы после полива вода не уходила в нижележащие слои почвы, так как это ведет к потерям оросительной воды, может вызвать подъем грунтовых вод и способствовать засолению почв.

Поливную норму рассчитывают по формуле:

$$m = 100 H \alpha (r_{гр} - r_0),$$

Где:  $H$  – слой промачивания;

$\alpha$  – объемная масса почвы;

$r_{гр}-r_0$  – влажность почвы после полива и влажность почвы до полива, % к абсолютно сухой почве.

Объемная масса почвы зависит от механического состава, составляя  $1,38 \text{ г/см}^3$  – для супесчаных почв,  $1,40 \text{ г/см}^3$  – для легкосуглинистых,  $1,42 \text{ г/см}^3$  – для суглинистых,  $1,45 \text{ г/см}^3$  – для тяжелосуглинистых и  $1,50 \text{ г/см}^3$  – для глин.

В современных условиях расход поливной воды, если не принимать хозяйственные потери, складывается из расхода воды растением и почвой.

Техника полива должна быть такой, чтобы вода расходовалась только на транспирацию растения. При этом имеется возможность подачи воды непосредственно в само растение, минуя почву. Поэтому необходимо обратить внимание на механизм поступления воды в растительную клетку. Водообмен растения складывается из поступления воды в растения через корневые волоски, ее передвижение по клеткам растения и испарение через листовой аппарат.

Таким образом, для нормального роста развития любого растения необходимо постоянный приток воды корням, следовательно, на первый план выходит регулирование водного режима сельскохозяйственных культур.

### 1.3 Почвенная влага, ее свойства и доступность для растения

Влажность почвы является основным показателем при определении сроков и нормы полива сельхозкультур.

При определенной влажности растение растет и развивается. Нормальное снабжение с/х культур водой тесно связано в основном состоянием воды в почве: Влага в почве находится в следующих формах:

а. химически связанная вода входит в состав различных веществ в почвы в небольшом количестве и не принимает участие в физических процессах и на испарения при  $t=100^\circ\text{C}$ .

б. физически связанная (гигроскопическая пленочная твердая). Способность почвы адсорбировать пары воды из воздуха называется гигроскопичностью, а влага, поглощенная поверхностью частицы почвы гигроскопической. Максимальное количество воды, поглощенное почвой из воздуха, насыщенного парами воды, называется максимальной гигроскопичностью. Максимальная гигроскопичность является важнейшей водно-физической константой почвы, т.к. по ней определяют влажность завядания растений (ВЗ). Влажность завядания на легкосуглинистых почвах составляет 3-6%, на суглинистых 6-12%, на тяжелых 9-15% (рис 1.1).

в. парообразная вода (ПВ) находится в почве при любой степени увлажнения, она занимает поры свободные от капельно жидкой воды и передвигается из более насыщенных слоев в менее насыщенные.

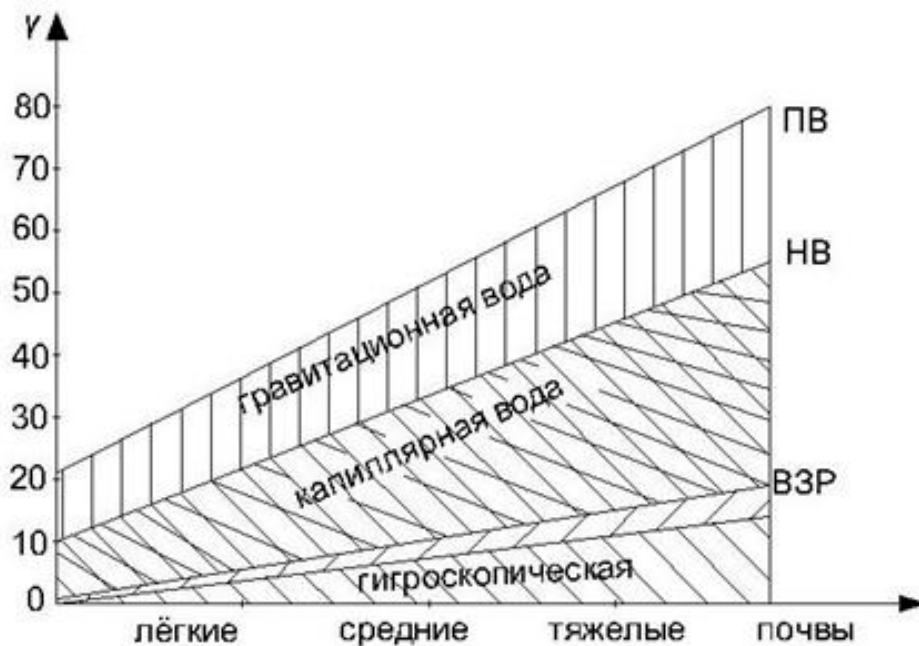
г. капиллярная вода заполняет все капилляры почвы и удерживается силами молекулярного и капиллярного натяжения, передвигается во всех направлениях и является основным источником питания растений.

д. гравитационная вода (рис.1.1). Когда вода заполняет все поры почвы, достигается полная ее влагемкость и вода передвигается (за исключением пленочной) под действием силы тяжести. Такая вода называется

гравитационная (свободная). Эта вода в поле бывает после дождей, в период таяния снегов, в период полива (избыточная влага).

е. Грунтовая вода – находится в водоносных слоях почвы.

Влагоемкость – это способность почвы удерживает некоторое количества воды при определенных условиях. Влагоемкость зависит от механического состава почв [3].



**Рис 1.1 Содержание влаги в % от объема почвы при различном увлажнении**

Влагоемкость бывает:

- Полная (ПВ) – наибольшее количества воды, которое может вместить почва, при заполнение всех пор и пустот.
- Наименьшая (НВ) – это количество влаги, прочно удерживающая в почве-грунте после стекания гравитационной воды.

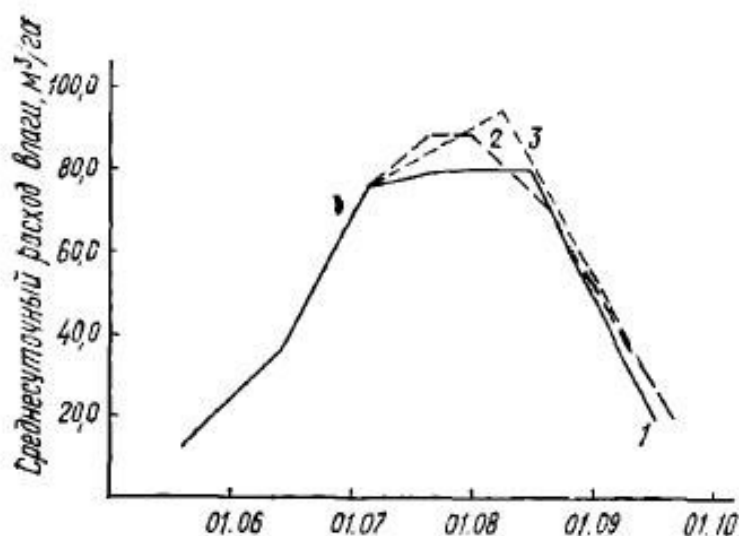
Когда влажность в почве снижается до 60-70%НВ, нарушается сплошное капиллярное передвижение воды.

Такое состояние влаги в почве называют влажностью разрыва капиллярной связи. Эта влажность близка к влажности замедленного роста растений и составляет нижний предел оптимальной влажности (ВЗ), что указывает на необходимость проведения полива.

В течение вегетационного периода среднесуточное потребление воды хлопковым полем неодинаково. В начале вегетации оно небольшое, затем постоянно возрастает и наибольшей величины достигает обычно в период начала и массового плодообразования хлопчатника. В последующий период размер водопотребления значительно снижается. Так, для типичных сероземов

с глубоким залеганием грунтовых вод при урожайности хлопка-сырца 30-35 ц/га среднесуточные расходы воды хлопковым полем составили: в период бутонизации растений 18-20 м<sup>3</sup>/га, массового цветения 50-55, массового плодообразования 85-90, в начале созревания коробочек 45-50, при массовом их созревании 25-30 м<sup>3</sup>/га (рис 1.2).

Такая же закономерность в изменении величины водопотребления при ином абсолютном расходе воды отмечается и для других почвенно-климатических и мелиоративных условий.



**Рис. 1.2. Среднесуточный расход влаги хлопковым полем:**

- 1 — полив с расчетным слоем 70 – 100 – 70 см (контроль);
- 2 — полив с расчетным слоем 70 – 120 – 70 см;
- 3 — полив с расчетным слоем 70 – 150 – 70 см (по Меднис).

Для наглядности содержание всех форм воды в почве при различных средах увлажнения [4] проводим схему (рис 1.3).

Общее количество воды, потребляемое хлопковым полем за весь вегетационный период (на транспирацию и испарение из почвы) в различных условиях также неодинаково. Оно зависит от климатических особенностей местности, свойств почвы, уровня ее плодородия, глубины залегания и степени засоленности грунтовых вод и ряда других условий.

На орошение хлопчатника в определенной мере влияет и степень подверженности почв засолению. На почвах, где растения уже в молодом возрасте начинают страдать от накапливающихся в почве солей, поливы приходится начинать раньше и за сезон расходовать воды больше, чем на незаселенных почвах при той же глубине залегания грунтовых вод. Однако при этом должно быть усилено действие дренажа орошаемых участков.

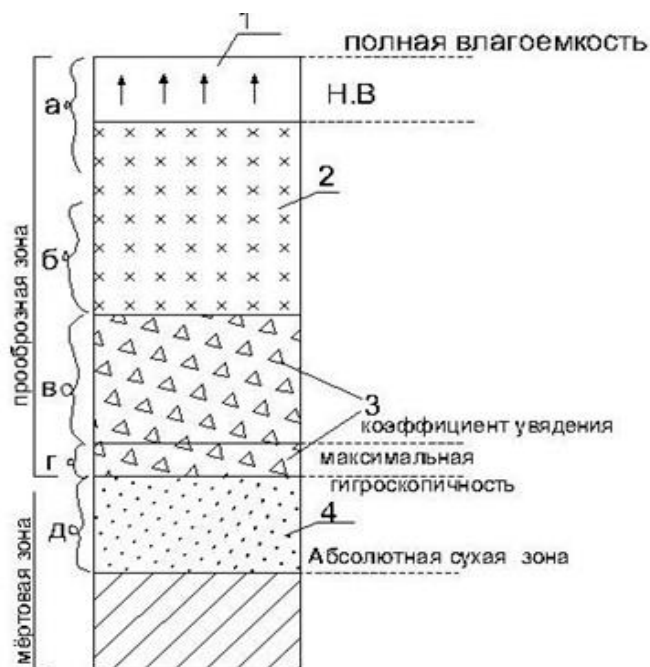


Рис 1.3 Схема влаги в почве

а – страдает от недостатка влаги;  
 б – оптимальное увлажнение;  
 в – растение испытывает недостаток влаги;  
 г – растение прекращает рост;  
 д – растение гибнет;

1-гравитационная вода;  
 2-легко подвижная капиллярная вода;  
 3-слабо подвижная капиллярная вода;  
 ;  
 4-связанная вода.

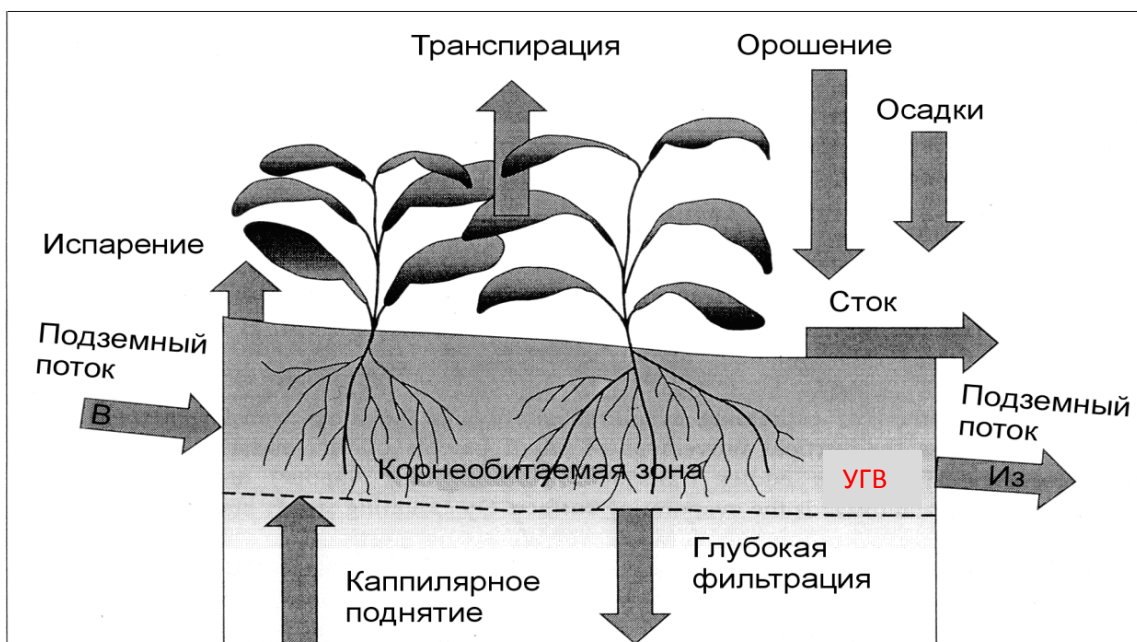
При определении режима и размера орошения хлопчатника следует учитывать также степень спланированности полей, уровень применяемой агротехники, величину допосевого увлажнения почвы, способы вегетационного орошения, а также *режим источников орошения* и степень водообеспеченности орошаемых земель.

Режим и размер орошения хлопчатника должны соотноситься также с биологическими особенностями сортов хлопчатника и условиями агротехники.

#### 1.4 Зарубежный опыт управления почвенной влагой (методика ФАО)

Подходы к расчету водопотребления изложены в следующих публикациях ФАО: Дуренбос Дж., Прюит В. (1977) Требования к воде для сельскохозяйственных культур. Вып. 24, Аллен Р.Г., Перейра Л.С., Раес Д. и др. (1998) Эвапотранспирация сельскохозяйственных культур: Руководство по расчету требований к воде для сельскохозяйственных культур. Вып. 56.

Они содержат, как теоретическое обоснование методологии, так и рекомендации по практическому применению.



**Рис. 1.4. Водный баланс корнеобитаемой зоны**  
(источник: ФАО 56)

Как известно [5], полив сельскохозяйственных культур направлен на поддержание необходимого водного баланса в корнеобитаемом слое почвы. На рис.1.4 приводится схема статей водного баланса.

Потребность сельскохозяйственных культур в воде определяется, как количество воды, требуемое для пополнения дефицита запасов воды в результате испарения ее с поверхности почвы и транспирации с поверхности листьев растений.

Сочетание двух отдельных процессов, при которых почва теряет воду через испарение, а растения – через транспирацию, называется эвапотранспирацией (ЕТ).

Испарение характеризуется процессом преобразования воды в пар и удаления пара с испаряющей поверхности.

Для преобразования молекул воды в молекулы пара требуется энергия. Эта энергия обеспечивается прямой солнечной радиацией и, в меньшей степени, температурой воздуха. Замена насыщенного влагой воздуха более сухим зависит в основном от скорости ветра. Следовательно, при рассмотрении процесса испарения основными факторами являются солнечная радиация, температура воздуха, влажность воздуха и скорость ветра.

По мере развития растения изменяются покрытие поверхности, высота растений и площадь листьев. Ввиду различий в эвапотранспирации в течение различных стадий роста  $K_c$  для данной культуры будет изменяться в течение вегетационного периода. Вегетационный период может быть поделен на четыре стадии роста: начальную, развитие растения, середину сезона и конец сезона.

**Начальная стадия** длится с даты посадки до достижения 10 % покрытия поверхности почвы. Длительность начального периода зависит от культуры, ее разновидности, даты посадки и климата. Окончание начального периода определяется временем 10 % покрытия земной поверхности растительностью. Для многолетних культур дата посадки заменяется датой «озеленения», т. е. временем появления новых листьев.

**Стадия развития растения** длится, начиная с 10 % до полного покрытия растениями поверхности. Эффективное полное покрытие для многих культур совпадает с началом цветения. Для густой травы эффективное полное покрытие может наступить при высоте 0,10-0,15 м. Для небольших полигонов высота травы может достичь 0,3-0,5 м до наступления полного покрытия. Густо посаженные кормовые, такие, как люцерна и клевер, достигают полного покрытия при высоте 0,3-0,4 м.

**Стадия середины сезона** начинается с момента полного эффективного покрытия до момента начала созревания.

**Стадия окончания сезона** длится с начала созревания до уборки урожая или полного опадания листьев. Расчет  $K_c$  и  $ET_c$  приурочен к сбору урожая, естественному высыханию или опаданию листьев.

## 1.5 Расчет потребностей в воде для сельхозкультур с помощью программы CROPWAT

CROPWAT – это инструмент поддержки принятия решений, разработанный Отделом развития земельных и водных ресурсов ФАО [5].

CROPWAT для Windows – это компьютерная программа для расчета потребностей в воде для сельскохозяйственных культур и требований к орошению на основе данных о почве, климате и культурах. Кроме того, программа позволяет разрабатывать графики полива для различных условий управления и рассчитывать схему водоснабжения для разных моделей посева.

Все процедуры расчета, используемые в программе CROPWAT, основаны на трех публикациях ФАО серии «Ирригация и дренаж», а именно № 24 «Водопотребление культур», № 33 «Реакция урожайности на воду» и № 56 «Эвапотранспирация сельскохозяйственных культур».

Разработка такой программы на строгой методической основе ФАО явилось значительным прогрессом в водной практике. Это дает возможность решения водного баланса через оценку эвапотранспирации, как затратной статьи водного баланса. Необходимое растениям водоснабжение решается восстановлением запасов воды в корнеобитаемом слое с учетом объема водного дефицита и объема почвенной емкости, как характеристики ее порового пространства и водоудерживающей способности грунтов.



## 1.5.1 Параметры, вводимые в программу CROPWAT

### Климатические данные

Среднемесячные значения суточных температур, относительная влажность воздуха, продолжительность солнечного сияния в часах, скорость ветра и осадки непосредственно используются для ввода в программу CROPWAT для ETo по методу Пенмана- Монтейна [5].

**Температура.** Выбор даты посадки культуры и продолжительность первых двух стадий развития культуры (первоначального и вегетативного) во многом зависят от минимальных температур, а продолжительность вторых двух стадий развития культуры (цветение/формирование плодоземента и сбор урожая) во многом зависит от максимальных температур.

**Осадки.** Программа CROPWAT предлагает набор методов для оценки эффективного количества осадков (ER), как доли от общего количества осадков.

**Другие климатические параметры.** (относительная влажность воздуха, солнечная радиация, скорость ветра).

**Эвапотранспирация эталонной культуры (ETo).** Программа CROPWAT рассчитывает суточную эвапотранспирацию культуры (ETc) на основе рассчитанной эвапотранспирации гипотетической эталонной культуры, которой является трава.

**Дата посадки.** Самая ранняя рекомендуемая дата посадки — это та дата, когда устойчивая температура воздуха весной поднимается выше 0-15 °C в зависимости от культуры.

**Продолжительность вегетационного периода.** Скорректированные данные по продолжительности четырех стадий развития культур за весь вегетационный период для основных культур (для риса приводятся данные по продолжительности шести стадий развития).

**Коэффициенты культур.** В основном можно использовать коэффициенты культур, заложенные по умолчанию в программу CROPWAT далее необходимо вводить коэффициенты культур с учетом климатических и сортовых особенностей местных сортов.

**График проведения поливов** больше зависит от изменения глубины корней растений, нежели от коэффициентов культур и водно-физических свойств почвы.

В программе CROPWAT заложены данные по стандартной глубине корней, но эта глубина больше, чем это обычно наблюдается в Центральной Азии. Средняя глубина корней была измерена в рамках работ по проекту WUFMAS, и замеры подтвердили, что она меньше, чем нормальная глубина корней для большинства культур по программе CROPWAT.

## Почвенные параметры в программе CROPWAT

**Доступная почвенная влага (AWC).** Общее количество доступной влаги в почве (TAM) является абсолютной величиной, определяющей, сколько влаги потенциально культура может абсорбировать из почвы при влажности почвы в диапазоне от предельной полевой влагоёмкости (FC – содержание влаги в почве после оттока воды под действием силы тяжести) и влажностью устойчивого завядания (PWP – содержание влаги в почве, при котором растение погибает).

**Общее количество доступной влаги в почве (TAM)** зависит от величины полезной влагоёмкости (AWC) и глубины корней растений.

**Коэффициенты истощения и легкодоступная почвенная влага (RAM).** Культура не должна извлекать (истощать) слишком много влаги из почвы, так как это снижает урожайность, и культура погибнет, если содержание влаги в почве достигнет влажности устойчивого завядания (PWP). Доля TAM, которая является легкодоступной для культуры без серьезного снижения урожайности, называется легкодоступной влагой (RAM). Она определяется коэффициентом истощения, в виде доли TAM [5].

**Подпитка из грунтовых вод.** Программа CROPWAT поддерживает проведение расчётов величин ежесуточной эвапотранспирации сельхозкультур с момента их посадки и со дня проведения последнего полива, при этом потребность на орошение сокращается на количество выпавших эффективных осадков.

### 1.5.2 Принципы гидромодульного районирования

Водопотребление находится в прямой зависимости от климатических, гидрогеологических и хозяйственных условий, биологических особенностей культуры, ее урожайности, способа гидромелиорации и играет важную роль в формировании водного баланса поля, являясь основной расходной статьей баланса [2].

Гидромодульное районирование как целевая методика определения норм и режимов орошения было разработано А.Н. Костяковым и получило развитие в последующих работах В.М. Легостаева, В.Е. Еременко, С.Р. Рыжова, В.Р. Шредера, Б.С. Конькова и Н.Ф. Беспалова [6] (табл. 1.1).

**Гидромодульное районирование** – это деление территории на таксонометрические единицы с целью высокоэффективного использования земельно-водных ресурсов и установления научно-обоснованных, дифференцированных режимов орошения, обеспечивающих получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Таблица 1.1

### Характеристика гидромодульных районов

Характеристика почвы	Гидромодульный район
Автоморфные почвы (УГВ > 3 м)	
Маломощные (0,2–0,5 м) среднекаменистые различного гранулометрического состава на песчано–галечниковых отложениях и на гипсах, а также песчаные	I
Среднемощные слабокаменистые различного гранулометрического состава на песчано–галечниковых отложениях и на гипсах мощные супесчаные и легкосуглинистые	II
Мощные средне- и тяжелосуглинистые и глинистые	III
Полугидроморфные почвы (УГВ 2–3 м)	
Мощные песчаные и супесчаные, а также мало- и среднемощные различного гранулометрического состава	IV
Мощные легко- и среднесуглинистые однородные; тяжелосуглинистые, облегчающиеся книзу	V
Мощные тяжелосуглинистые и глинистые плотные, однородные, разные по гранулометрическому составу, слоистые по строению	VI
Гидроморфные почвы (УГВ 1–2 м)	
Мощные песчаные и супесчаные, а также и среднемощные различного гранулометрического состава	VII
Мощные легко- и среднесуглинистые однородные; тяжелосуглинистые, облегчающиеся книзу	VIII
Мощные тяжелосуглинистые и глинистые плотные, однородные, разные по гранулометрическому составу	IX

При гидромодульном районировании выделены четыре таксонометрических единицы: почвенно-климатический округ или оазис, почвенно-климатическая зона, почвенно-мелиоративная область и гидромодульный район [7].

**Почвенно-климатический округ** – часть территории республики со свойственными ей геоморфологическими, климатическими, гидрогеологическими почвенными условиями и растительностью.

**Почвенно-климатическая зона** – часть почвенно-климатического округа с однородными метеорологическими условиями и одним типом почвообразования.

**Почвенно-мелиоративная область** – часть почвенно-климатической зоны с однородными гидрогеолого-мелиоративными условиями и генетической близостью почвообразовательного процесса.

**Гидромодульный район** – часть почвенно-мелиоративной области, характеризующаяся близкими показателями мощности почвенного покрова,

механического состава, строения и сложения почвогрунта в зоне аэрации, водно-физических свойств, уровня грунтовых вод, определяющими в целом размер и режим орошения сельскохозяйственных культур, и ординату гидромодуля. Гидромодулем орошения названо количество воды, подаваемое в одну секунду на единицу орошаемой площади.

В пределах почвенно-климатической зоны выделяются следующие почвенно-мелиоративные области:

- почвы автоморфного ряда с уровнем грунтовых вод (УГВ) 3 м и более;
- почвы переходного (полугидроморфного) ряда, УГВ – 2-3 м;
- почвы гидроморфного ряда с УГВ – 1-2 м.

В зависимости от мощности механического состава, строения и сложения почвогрунтов в зоне аэрации и глубины грунтовых вод, Н.Ф. Беспаловым рекомендована [6] шкала из 9 гидромодульных районов (табл.1.1). Это районирование учитывает различное использование растениями грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания и интенсивности увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, что определяет долю участия их в формировании урожая.

Почвы автоморфного ряда (с уровнем грунтовых вод более 3 м) разделены на 3 гидромодульных района с учетом мощности почвенного покрова и механического состава. При этом суглинистые и глинистые мощные почвы объединены в один район с учетом незначительных различий в водопотреблении. Мощные песчаные и супесчаные почвы резко отличаются от них по водно-физическим свойствам, водоудерживающей способности и запасом продуктивной влаги. Как показали многолетние исследования на песчаных, а также маломощных почвах, оптимальный предел предполивной влажности здесь выше, чем на мощных суглинистых и глинистых. В этих условиях необходимо проведение более частых поливов уменьшенными поливными нормами при более высоком расходе оросительной воды.

Почвы переходного (глубина грунтовых вод 2-3 м) и гидроморфного ряда (глубина грунтовых вод 1-2 м) разделены на 3 гидромодульных района каждый. При этом учитывались факторы, определяющие высоту капиллярного поднятия от грунтовых вод и её скорость. Песчаные, супесчаные, маломощные и среднемощные почвы отличаются небольшой высотой капиллярного поднятия – не более 1 м. Однородное или облегчающееся книзу строение почвогрунтов повышает высоту капиллярного поднятия. На тяжелых резкослоистых почвогрунтах, а также суглинках, утяжеляющихся книзу по механическому составу, высота и скорость передвижения влаги от грунтовых вод значительно меньше, чем на однородных при прочих равных условиях.

## II. Водосберегающие технологии полива

Существует много способов орошения: поверхностный полив, капельное, внутрипочвенное, дождевание, с механическим водоподъемом, лиманное и др.

Каждому виду орошения соответствуют свои способы и техника орошения. Способ орошения – это совокупность приемов, устройств и технического оборудования, применяемых для распределения воды по орошаемому полю, чтобы увлажнить приземный слой воздуха и растения, ввести воду в почву, перевести ее из состояния поливного тока в состояние почвенной влаги, т.е. обеспечить растения необходимым количеством воды [7].

Основные требования растений и сельскохозяйственного производства к способам орошения, следующие:

- поддерживать в корнеобитаемом слое почвы заданные водный, воздушный режимы в соответствии с установленными границами их регулирования, позволяющими получать планируемый урожай сельскохозяйственных культур;
- создавать благоприятные условия внешней среды, т.е. микроклимат;
- снижать до минимума непроизводительные потери воды на фильтрацию, испарение и сброс;
- предупреждать заболачивание и засоление почв;
- обеспечивать условия для комплексной механизации и автоматизации процессов сельскохозяйственного производства и рационального использования орошаемой территории;
- уменьшать ресурсные, материальные, энергетические затраты.

Правильный выбор способа орошения предопределяет конструкцию и стоимость оросительной системы, эффективность орошения, включая производительность труда на поливе, мелиоративное состояние орошаемого массива, урожайность сельскохозяйственных культур и себестоимость получаемой продукции. Как свидетельствует опыт, ни один из способов орошения не может быть приемлемым для всех ситуаций. В каждом случае способ орошения должен выбираться в соответствии с конкретными природно-климатическими и социально-экономическими условиями.

При выборе способа орошения необходимо учитывать следующие основные факторы:

- климатические условия (увлажненность территории и скорость ветра);
- почвенные условия (скорость впитывания поливной воды в почву, коэффициент фильтрации, глубина почвенного слоя и степень окультуренности почв);
- рельефные условия (уклон и спланированность поверхности);
- гидрогеологические условия (глубина залегания и минерализация грунтовых вод);

- хозяйственные условия (наличие трудовых ресурсов, опыт людей при работе на поливе, степень механизации полевых работ, система земледелия, обеспечение высокой производительности труда);
- режим орошения (допустимые нормы, сроки и количество поливов);
- биологические условия (характер развития надземной части и корневой системы растений, длительность вегетационного периода);
- водохозяйственные показатели (обеспеченность хозяйства водой, качество поливной воды, размеры поливных участков);
- экономические показатели (капитальные и эксплуатационные затраты).

Предпочтение следует отдавать тем способам и той технике полива, которые обеспечивают более высокую производительность труда, автоматизацию водораспределения, поддержание орошаемых земель в хорошем мелиоративном состоянии и высокие экономические показатели.

Каждый способ орошения имеет свои преимущества и недостатки (табл. 2.1). Например, поверхностное орошение имеет следующие преимущества: низкие капиталовложения; низкие затраты на энергию (напор) и низкие эксплуатационные затраты. В то же время, основные недостатки поверхностного орошения: большие потери воды, низкая эффективность полива и подъем уровня грунтовых вод, который приводит к большим потерям оросительной воды на поле и в ирригационной сети, ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель и качества оросительной воды.

**Таблица 2.1**

**Преимущества и недостатки поверхностного орошения**

<b>Преимущества</b>	<b>Недостатки</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Низкие капиталовложения;</li> <li>• Низкие затраты на энергию (напор);</li> <li>• Низкие эксплуатационные затраты;</li> <li>• Возможность полива при ветре;</li> <li>• Подходит для полива растений, чувствительных к заболеваниям листьев.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Большие потери воды</li> <li>• Низкая эффективность полива</li> <li>• Подъем УГВ</li> <li>• Возможность распространения заболеваний растений</li> <li>• Неприемлем при больших уклонах поверхности.</li> </ul>

Капельное и дождевое способы орошения по сравнению с поверхностным орошением имеют очень большое преимущество, однако их основными недостатками, которые препятствуют в их широком распространении являются: высокие начальные капиталовложения и дополнительные затраты на энергию, потребляемую на создание нужных напоров в оросительных системах (табл. 2.2, 2.3).

Таблица 2.2

## Преимущества и недостатки дождевания

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможно на полях со сложной топографией, где невозможно применить поверхностное орошение</li> <li>• Подходит для полива большинства культур</li> <li>• Возможно экономное использование воды, высокая эффективность полива, повышение урожаев</li> <li>• Обеспечивает широкую механизацию всех сельхоз работ и их выполнение в сжатые сроки</li> <li>• Дает возможность точного измерения расхода воды на участке</li> <li>• Увеличивает коэффициент земельного использования</li> <li>• Высокая мобильность систем орошения и равномерное распределение воды в поле</li> <li>• Удобство внесения удобрений с поливной водой.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокие начальные капиталовложение</li> <li>• Дополнительные затраты на энергию, потребляемую на создание нужных напоров в оросительных системах</li> <li>• Неравномерность распределения воды в поле при ветре</li> <li>• Полив минерализованными водами отрицательно воздействует на листовый покров (ожог листьев), снижая урожай</li> <li>• Проблемы уплотнения верхнего слоя почвы, связанного с образованием корки на поверхности почвы, и повышенный сток</li> <li>• Усложняет проведение сельхоз работ на орошаемом участке (вспашка, культивация/прополка, уборка урожая).</li> </ul>

Таблица 2.3

## Преимущества и недостатки системы капельного орошения

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Возможна более высокая урожайность, сопровождаемая экономией поливных норм, затраты воды на единицу продукции ниже</li> <li>• Потери влаги за счет испарения меньше, чем при дождевании или поверхностном орошении (меньше поверхность увлажняемого участка)</li> <li>• Ветер не влияет на распределение влаги</li> <li>• Не требует тщательной планировки поливного участка, предотвращает поверхностный сток даже в сложных топографических условиях</li> <li>• Обеспечивает подачу удобрений непосредственно в корнеобитаемый слой</li> <li>• Количество сорняков меньше, чем при других методах орошения.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Высокие начальные капиталовложение</li> <li>• Дополнительные затраты на энергию, потребляемую на создание нужных напоров в оросительных системах</li> <li>• Не пригодно как противозаморозковое орошение</li> <li>• Не приемлемо для вспомогательных технических поливов (при промывке)</li> <li>• Трудно для орошения молодых деревьев (посадок) в засушливых районах с песчаными почвами и сильными ветрами</li> <li>• Кардинальный вопрос при выборе оросительной системы – оправдано ли увеличения урожая и экономия воды капиталовложением на приобретение СКО.</li> </ul>

## 2.1 Поверхностное орошение

**Полив по бороздам** (рис.2.1) – наиболее совершенный способ самотечного поверхностного орошения – применяется для полива преимущественно широкорядных пропашных культур (кукуруза, сахарная свекла, овощи, хлопчатник, плодовые и ягодные насаждения и др.). Применяется на незасоленных почвах на территории с уклонами не более 0,03, так как при большем уклоне вода размоет борозды, смочит почву и вызовет ее эрозию [8].

Классификация и устройство поливных борозд по:

1. глубине борозды подразделяются на [8]:
  - мелкие (8 – 12 см);
  - средние (12 – 18 см);
  - глубокие (18 – 25 см).
2. проточности – на проточные (незатопляемые) и тупые (затопляемые).
3. по профилю сочетания – на параболические, трапециодальные, с бермой, с террасами, борозды-щели;
4. по длине – на короткие (60 – 250 м) и длинные (250 – 500 м).
5. по степени сельскохозяйственного использования – на засеваемые и незасеваемые.

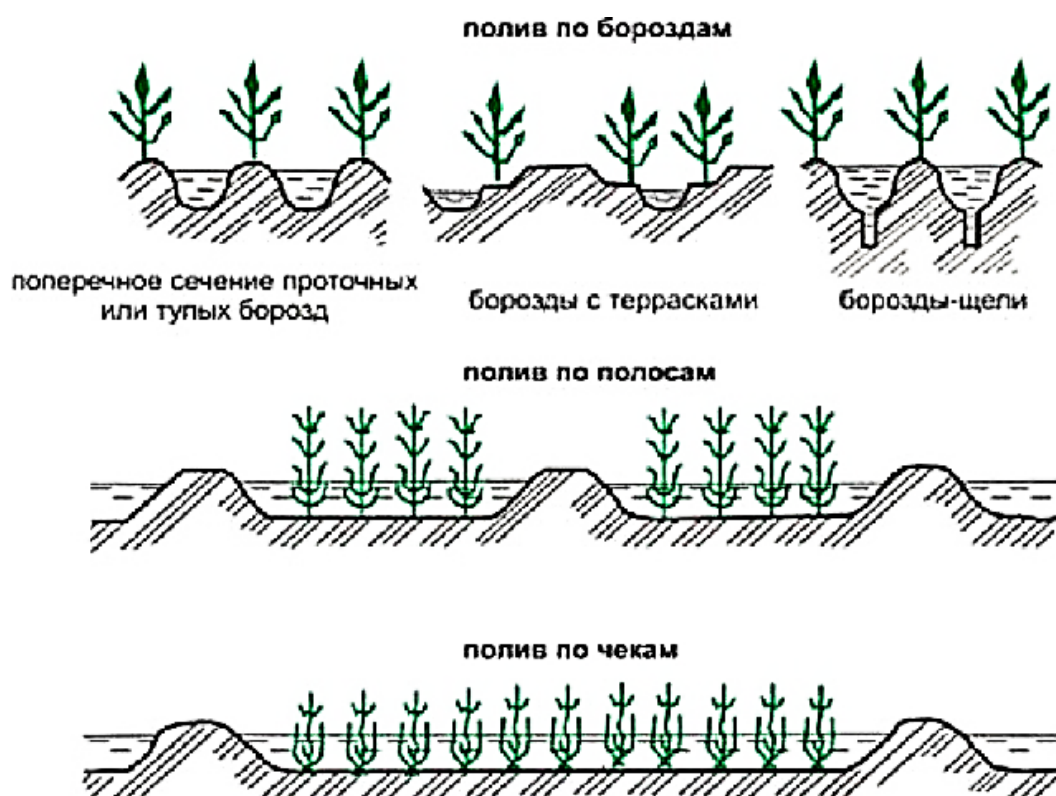
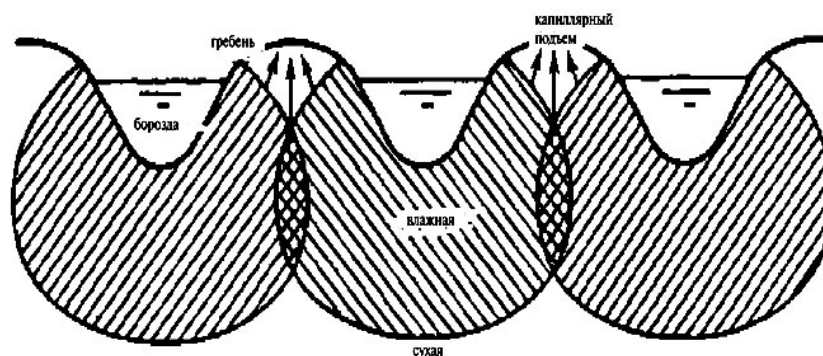


Рис. 2.1 Поливная сеть поверхностного орошения



Глубину поливных борозд (рис.2.2) принимают 8–25 см. Расстояние между ними зависит [8] от водопроницаемости и капиллярных свойств почв и должно быть принято таким, чтобы контуры увлажнения двух соседних борозд смыкались. С учетом этого расстояние между бороздами принимают: на легких почвах – 50–65 см, на средних – 65–80 и на тяжелых почвах – 80–100 см.



**Рис.2.2. Идеальное увлажнение поливных борозд**

*Полив по мелким бороздам* применяется на хорошо спланированных полях с мелкосеменными культурами узкорядного сева: луком, морковью и др. Мелкие борозды имеют глубину 8–12 см, ширину поверху – 30–35 см.

*Полив по глубоким тупым бороздам* применяется для полива бахчевых, овощных и пропашных культур при уклонах территории менее 0,002. Глубина этих борозд достигает 25 см, а ширина – 60 см. Борозды заполняют водой на глубину 18–20 см, после чего подачу ее прекращают и вода впитывается в почву.

*Полив по проточным бороздам* применяется для орошения всех пропашных культур при уклонах территории 0,002–0,02. Полив может осуществляться с постоянной или переменной поливной струей, без сброса и со сбросом. Чаще применяется полив переменной струей. Вначале воду подают с расходом 1-3 л/с. Когда вода пройдет 85-90% длины борозды, расход уменьшается до 0,5-1 л/с. При поливе через междурядье поливная норма снижается на 45-50%, а производительность труда повышается на 35-40%.

*Полив по бороздам с террасами* является разновидностью полива по проточным бороздам. Поливные борозды нарезают на расстоянии, равном двойной ширине междурядий – 120-140 см одна от другой; между ними насыпают небольшой валик. Между валиком и поливной бороздой образуется небольшая (20-21 см) терраска, на которую высаживают рассаду овощных культур.

*Полив по бороздам–щелям* (табл. 2.4) применяют для проведения влагозарядковых и предпосевных поливов большими поливными нормами на участках с недостаточно ровной поверхностью и на почвах со слабой водопроницаемостью.

ницаемостью. Борозды-щели – обычные борозды, в дне которых делают щель глубиной 17-20 см и шириной 3,5 см. Общая глубина борозды-щели – 35-40 см. Расход воды в каждую борозду увеличивают в 2-3 раза. Расстояние между бороздами-щелями – 120-140 см.

Таблица 2.4

#### Рекомендуемые параметры полива для борозд-щели и полос

Средняя скорость впитывания воды в почву в первый час, см/мин	Уклон поливного участка	Борозды-щели		Полосы	
		длина, м	удельный расход, л/с	длина, м	удельный расход, л/с
менее 0,15 (низкая)	0,002-0,004	250-300	2,4-3,0	250-300	6-8
	0,004-0,007	300-350	1,6-2,4	300-350	5-6
	0,007-0,010	350-400	1,0-1,6	350-400	4-5
0,15-0,3 (средняя)	0,002-0,004	150-250	2,4-3,0	200-250	8-10
	0,004-0,007	250-300	2,0-2,4	250-300	6-8
	0,007-0,010	350-400	1,4-2,0	300-350	5-6
более 0,30 (высокая)	0,002-0,004	120-200	3,0-4,0	150-200	10-12
	0,004-0,007	200-250	2,4-3,0	200-250	8-10
	0,007-0,010	250-350	2,0-2,4	250-300	6-8

*Полив по длинным бороздам.* Этот способ полива можно использовать на хорошо выровненных участках с уклонами не менее 0,002 и на почвах со средней и слабой водопроницаемостью при глубине залегания грунтовых вод более 2 м. При поливе по длинным бороздам одновременно включается в работу до 100 борозд, что способствует значительному увеличению производительности труда поливальщиков. Длина борозд зависит от механического состава почв, уклона орошаемого участка и может достигать 800 м.

**Полив напуском по полосам** применяют для культур узкорядного посева: зерновых колосовых, однолетних и многолетних трав, моркови, лука и др. При этом вода движется по поверхности почвы, покрывая ее слоем 2-3 см. Для направления движения воды полосу с двух сторон ограничивают валиками (палами) или бороздами. Применяется на территориях с уклоном 0,002-0,02.

*Классификация и устройство полос.* Различают три вида полива по полосам: с головным, боковым и комбинированным напуском воды на поливную полосу.

По ширине полосы делятся на узкие (1,8-4,2 м) и широкие (до 35 м), а по длине – на короткие (до 50 м) и длинные (до 500 м). Широкие поливные полосы ограничивают высокими (до 30 м) и пологими ( $m = 3-4$ ) откосами. Разравнивают их полосоделателями-разравнивателями и волокушами.

**Полив затоплением** – древнейший способ поверхностного орошения. Применяется преимущественно для орошения риса, лиманном орошении и промывке засоленных почв. Реже его применяют для орошения люцерны и зерновых культур. Полив затоплением проводят на огражденных валиках площадках-чеках площадью 0,2-50 га. Чеки в рисовых хозяйствах имеют горизонтальную поверхность.

При орошении культур затоплением очень важно правильно установить расходы воды, которые зависят от степени спланированности и уклона орошаемой территории, площади чека и поливной нормы.

Чем меньше уклон поверхности чека, тем быстрее он заполняется. При площади чека 5-10 га, чтобы вылить поливную норму  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ , необходимо иметь удельный расход воды  $70-90 \text{ л/с.га}$ . При той же норме, но при площади чека 15-20 га удельный расход должен быть увеличен до  $110-130 \text{ л/с.га}$ .

### **2.1.1 Совершенствование арматуры поверхностного полива в Узбекистане**

Применение гибких и жестких поливных и распределительных трубопроводов [9]:

- позволит существенно снизить интенсивность просачивания воды, в результате чего экономия оросительной воды может достигать 15% в сравнении с обычными способами полива;
- значительно облегчает труд поливальщика, позволяет увеличить его производительность, сократить затраты ручного труда в 2-3 раза и исключить их на нарезку и заравнивание временной оросительной сети;
- обеспечить регулируемое и экономное расходование воды на поливе,
- повысить КЗИ.

### **2.1.2 Полив по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам**

Для совершенствования техники полива по бороздам применяются полив по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам (рис. 2.3).

Укладка пленочного полотнища шириной 0,7-1,0 м осуществляется непосредственно на поверхность борозды секциями с нахлестом. Закрепление краев пленочного покрытия может выполняться путем присыпки их грунтом или прикалыванием металлическими шпильками через 3-5 м до начала пуска воды в борозду. После первого впитывания пленка хорошо прилегает по всему

периметру и приколки удаляются. При поливе по борозде с таким покрытием происходит просачивание воды через отверстия пленки с равномерным смачиванием всей поверхности борозды и постепенной боковой и глубинной инфильтрацией воды с образованием контура увлажнения. После завершения полива пленочное покрытие препятствует испарению с увлажненной поверхности борозды. При этом практически полностью исключается образование трещин усыхания по поверхности борозды. Контур увлажнения с необходимым содержанием влаги для развития корневой системы сельскохозяйственных растений сохраняются значительно дольше, чем при поливе по бороздам без пленочного покрытия [10].



**Рис. 2.3 Полив по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам**

В конце поливного сезона остатки пленочного покрытия собираются и утилизируются.

Основными преимуществами нового способа полива являются:

- снижение расхода воды на испарение с поверхности борозд и глубинную инфильтрацию (до 30-50 %);
- создание более благоприятных условий для развития растений за счет улучшения равномерности увлажнения корнеобитаемого слоя почвы, выдачи расчетной поливной нормы по всей длине борозды;
- обеспечение равномерного распределения просачивающейся воды через отверстия перфорации;
- повышение пропускной способности поливных борозд с пленочным покрытием за счет снижения коэффициента шероховатости таких русел до значений  $n = 0,025-0,030$  (против  $n = 0,04-0,05$  для поливных борозд без покрытий);
- снижение частоты и количества поливов сельскохозяйственных культур за оросительный сезон;
- предупреждение подъема уровня грунтовых вод из-за отсутствия гравитационной фильтрации вследствие более жесткого регулирования нормы полива.

### 2.1.3 Трубки-сифоны

При поливе по бороздам без армирования оголовков вода подается через прокопы в бортах выводных борозд. Для закрепления грунта прокопов применяют одерновку борозд, что требует значительных затрат ручного труда и средств. Более приемлемы способы вододеления с помощью переносной арматуры: трубок, поливных щитков, оголовков, а также одиночных и групповых сифонов [9, 11].

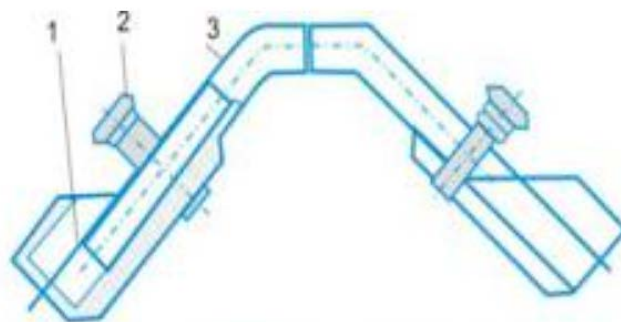
Переносная поливная арматура позволяет осуществлять нормированную водоподачу в борозды при сравнительно небольших дополнительных затратах на гектар обслуживаемой площади.

Сифоны (рис. 2.4 и 2.5) неразряжающиеся предназначены для подачи воды из временных оросителей в поливные борозды при поливе хлопчатника и других сельскохозяйственных культур.



**Рис. 2.4 Сифон разряжающийся**

1 – ороситель; 2 – выводная борозда



**Рис. 2.5 Сифон неразряжающийся комбинированный**

1 – водосборник; 2 – крепление водосборника; 3 – колено

Сифон неразряжающийся комбинированный состоит из колена, изготовленного из дюралюминиевой трубы и из двух водосборников, изготовленных из полиэтилена

Водосборник крепят к колену с плотной посадкой. Затраты труда на сборку 90 сифонов 1,6 чел.-ч. Один рабочий обслуживает 90-120 сифонов.

Пропускная способность сифонов зависит от перепада уровней воды и диаметра сифонов. Например, при перепаде уровней воды 0,02-0,14 м и диаметре 20-60 мм пропускная способность их изменяется от 0,12 до 3,24 л/с.

Применение сифонов для распределения воды по бороздам и полосам в хозяйствах способствовало увеличению поливного тока воды на одного поливальщика с 40-50 до 100 л/с и более и за смену можно полить до 2,0-3,5 га, то есть в 3-4 раза больше, чем при поливах без бороздных регулирующих

приспособлений. При этом механизмируется труд поливальщика, облегчается проведение и повышается качество полива, особенно в ночное время.

Кроме сифонов для равномерного распределения воды по бороздам и уменьшения затрат труда на поливы важно оснащать оголовки борозд регулирующими приспособлениями. Ими могут быть бумажные салфетки (из парафинированной бумаги от мешков с удобрениями), трубочки (из кровельного железа и др.), деревянные или железные щитки (с угловым или прямоугольным вырезом), а лучше всего резиновые или полиэтиленовые трубки-сифоны (рис. 2.6). Длина их 100-130 см, диаметр от 20 до 50 мм, расход воды (при разности горизонтов ее в выводной и поливной бороздах 5-10 см) от 0,15-0,21 до 1,1-1,6 л/с.



**Рис. 2.6** Подача воды в борозды трубочками

#### **2.1.4 Гибкие и жесткие поливные трубопроводы**

Переносные гибкие трубопроводы с забором воды из закрытой и лотковой сети (рис. 2.7) следующий шаг в совершенствовании механизации полива по бороздам. Применение распределительных и поливных трубопроводов, заменяющих временные оросители и выводные борозды, снижает трудоемкость полива, повышает производительность труда, качество полива и КЗИ. При поверхностном поливе и уклонах местности более 0,003 следует предусматривать самотечно-напорную трубчатую оросительную сеть [9].

В настоящее время выпускаются гибкие трубопроводы (шланги) из специальной (мелиоративной) капроновой ткани и стабилизированного полиэтилена низкой плотности, полужесткие разборные трубопроводы из полимерно-металлических труб, жесткие разборные стальные и алюминиевые трубопроводы. Гибкие трубопроводы из мелиоративной ткани выпускаются диаметром 145, 200, 300, 350, 420 и 460 мм и полиэтиленовые шланги диаметром 150 и 200 мм, с толщиной стенки соответственно 0,30 и 0,35 мм. Длина шлангов 100-250 м. Они сравнительно дешевы, применимы при большой мутности поливной воды (до 3-4 и даже до 8-12 г/л). Наносы из них удаляются гидравлической промывкой. Масса шлангов – 0,13 и 0,20 кг/м, рабочий напор 0,2-1 м, срок службы 2-3 года. Пропускная способность их от 0,15 до 3,5 л/с.

Для индивидуального регулирования расходов поливных струй каждое отверстие оборудовано эластичным клапаном с конусной резиновой пробкой или жестким клапаном повышенного сопротивления.

Оросительные гибкие трубопроводы (капроновые шланги) изготавливают из мелиоративного капронового материала. Их выпускают двух типов: поливные и транспортирующие.

Транспортирующие шланги изготавливаются без отверстий. Поливные шланги имеют регулируемые водовыпускные отверстия через 60 или 90 см друг от друга

Гибкие шланги подключают к лотковым или низконапорным трубчатым системам (рис. 2.7) с помощью гидрантов. Для механизации сборки, перемещения и раскладки гибких шлангов применяют навесное намоточное устройство.



**Рис. 2.7 Сифоны на лотках**

Трубопровод имеет длину 110 м, состоит из 22 труб и оборудован капроновыми водовыпусками.

**Полив с помощью гибких шлангов из каналов в земляном русле.** Временные каналы занимают 2-4 % площади поля, теряют воду на фильтрацию, стесняют механизацию полевых работ, не обеспечивают равномерное распределение воды в борозды и полосы через прорезы; перед культивацией их необходимо заравнивать, а перед очередным поливом вновь восстанавливать. Для замены временных оросителей и выводных борозд [12] применяют переносные жесткие и гибкие трубопроводы (рис. 2,8, 2.9).

Схема работы трубопроводов зависит от величины и соотношения продольного и поперечного уклонов. Поперечную схему применяют на уклонах менее 0,003 при тщательной планировке в направлении полива. Поперечные схемы предусматривают полив из удлиненным бороздам (300-400 м) поливной струей с большим расходом (1,5-2,5 л/с) и требуют расстояний между бороздами не менее 0,9 м.



**Рис. 2.8 Гибкие поливные шланги**



**Рис. 2.9 Жесткий поливной трубопровод**

Равномерность раздачи воды в борозды по шлангу зависела от его рабочей длины, напора в голове, диаметра, уклона, выравненности трассы и величины струи, подаваемой в борозду.

### **2.1.5 Дискретный полив**

Сущность дискретной технологии полива по бороздам (дискретного регулирования водоподдачи в борозды) заключается в том, что предельный по условиям неразмываемости почвогрунтов, слагающих ложе борозды, расход подается сериями импульсов, перемежающихся паузами. Импульс, в течение которого подается вода, прерывается паузой. Этот процесс продолжается до окончания «добегания», т.е. до момента достижения лбом струи конца борозды. Полив завершается фазой «доувлажнения», в течение которой в борозды подается, как правило, уменьшенный вдвое расход [13].

В период пауз происходит подсыхание ложа борозды, коагуляция пор между частицами грунта, за счет чего существенно снижается глубинная фильтрация за пределы корнеобитаемой зоны и выравнивается эпюра увлажнения вдоль борозды.

Технология дискретного регулирования водоподдачи рекомендуется к преимущественному применению при поливах по длинным (300-400 м) глубоким (0,2-0,25 м) тупым бороздам.

Правильное применение дискретной технологии полива позволяет экономить 15-20% оросительной воды (в сравнении с традиционным поливом), а за счет равномерного увлажнения поливного участка на 10-15% повысить урожайность.

На поливных участках правильной конфигурации, обеспеченных командованием уровня воды в подводящей сети (свободный напор 0,6-0,8 м), дискретную технологию полива можно внедрять без особых подготовительных



работ. В староорошаемой зоне массовое внедрение этой технологии потребует определенной реконструкции оросительной сети и полей.

### **2.1.6 Опыт Узбекистана по применению поверхностного орошения**

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

Важная особенность применения поверхностных способов полива — предварительная подготовка поверхности поля: планировка, устройство каналов и валиков. Для полива затоплением производится горизонтальная планировка поверхности делянок (чеков), ограждаемых земляными валиками. Для всех остальных способов ведется планировка с сохранением естественного уклона поверхности [14].

Отсутствие планировки поверхности приводило к необходимости применять короткие поливные борозды, увеличивало потери воды и затраты труда на полив.

Небольшая длина борозд и малые расходы воды в борозду в течение долгого времени рекомендовались для всех природных условий Узбекистана. Переход в 1955-1956 гг. к перекрестной обработке, уменьшение ширины междурядий с 0,7 до 0,60-0,45 м и глубины поливных борозд закрепило требование поливать малыми струями, что на землях с небольшим уклоном поверхности сильно ограничивало возможную длину борозды [13–15]

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

Требования к увеличению производительности труда поливальщика привели к необходимости удлинять поливные борозды. На некоторых землях это стало возможным во второй половине 1960-х годов в связи с быстрым развитием механизации работ по планировке поверхности и внедрением широкорядных посевов.

Для достижения высоких показателей в сменной выработке, равной или близкой к таковой на механизированных сельскохозяйственных работах, необходимо было создать условия, при которых поливальщик мог бы легко управлять достаточно большим расходом воды, обеспечивая высокое качество полива.

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

Результаты совместных экспериментальных и теоретических исследований показали, что оптимальная длина поливной борозды в значительной мере зависит от величины допустимого расхода воды в борозду на землях с разным уклоном, а также от проницаемости почвы.

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

Н.Т. Лактаев, обобщив [14] все проведенные научно-исследовательские работы, увязал технику и технологию полива с почвами Узбекистана, дав им классификацию по водопроницаемости. Согласно предложенному им районированию, все почвы делятся на 5 групп:

А – сильноводопроницаемые (супеси и суглинки, подстилаемые галечником);

Б – повышенной водопроницаемости (легкие мощные суглинки);

В – средней водопроницаемости (средние суглинки);

Г – пониженной водопроницаемости (тяжелые суглинки);

Д – слабопроницаемые (глины).

В каждой группе было выделено 5 уклонов:

1 – ( $i=0,025...0,05$ ), средний – 0,04;

2 – ( $i=0,0075...0,025$ ), средний – 0,016,

3 – ( $i=0,0025...0,0075$ ), средний – 0,005;

4 – ( $i=0,001...0,0025$ ), средний – 0,00175;

5 – ( $i$  – менее 0,001), средний – 0,0005.

Приняв такую основу районирования, Н.Т. Лактаев рассчитал для каждой группы почв и уклонов оптимальные элементы техники полива (расход в борозду, длину борозды, время добегания, время полива), при которых будет достигнута максимальная экономия воды. Он использовал предложенный А.Н. Ляпиным термин «КПД техники полива», который показывает отношение объема воды, задержавшегося в расчетном слое почвы после полива к объему воды, поданному на поле с учетом поверхностного сброса.

Районирование, выполненное Н.Т.Лактаевым и рекомендуемые им элементы техники полива (табл. 2.5, 2.6) вошли в СНиПы. Согласно этому районированию можно повысить КПД бороздкового полива.

Практические работы и изучение техники полива по бороздам из открытых каналов в земляном русле показали, что в оптимальных для этого способа полива природных условиях можно достичь очень высокой производительности труда поливальщика – 4-5 га/смену при обязательном осуществлении комплекса работ – при качественной планировке поверхности, применении длинных борозд, подаче на поливной участок больших расходов воды, позволяющих заканчивать полив за 1-2 суток.

В этот период, наряду с определением нормативных элементов техники бороздкового полива и КПД полива для различных природных условий, велись научно-опытные работы по совершенствованию техники бороздкового полива сельскохозяйственных культур.

Начиная с 1960 г. целью устранения выше указанных недостатков регулярно проводились исследовательские и опытно-конструкторские разработки новых видов оборудования для бороздкового полива, с целью снижения потери оросительной воды, которая достигала 40-60 % водоподачи. Оно во многом зависело от применяемой техники полива и способа орошения.

Позже Г.Н. Павлов предложил [15] иное районирование, в котором, в отличие от Лактаева, предлагалось на всей территории использовать поливную арматуру (табл. 2.7). Принцип оптимизации остался прежним: – по максимальному КПД.

В 1960-1990 гг. на инженерных оросительных системах Голодной, Джизакской, Шерабадской и Каршинской степей на практике применялись средства совершенствования бороздкового полива, такие как:

- полива по бороздам с полиэтиленовым покрытием.
- поливные трубки и сифоны;
- гибкие и жесткие поливные трубопроводы;

Применение этих средств повышало КПД техники полива и производительность труда поливальщика.

Таблица 2.5

**Нормативные элементы техники бороздкового полива  
и КПД полива для различных природных условий аридной зоны,  
для междурядий 0,6 м**

Индексы уклоны $i_{ср}$	Водопроницаем., индексы	Длина борозд м	Расход, q л/с	Время, ч			$m_{брутто},$ м <sup>3</sup> /га	$m_{нетто},$ м <sup>3</sup> /га	КПД	Потери, %		
				добегания	доливания	всего Т				на испарение	на фильтрацию	на сброс
<b>для междурядий 0,6</b>												
I 0,04	A	40	0,1	5,7	2	7,7	1150	600	52	0,9	45,8	1,3
	Б	75	0,1	8	6	14	1120	747	66,7	1,5	26,9	4,9
	В	125	0,1	10,2	15,3	25,5	1220	893	73,1	2,7	11,7	12,5
	Г	150	0,05	26	46	72	1440	988	68,6	7,1	13,7	10,6
	Д	175	0,05	16	104	120	8060	1075	52,1	8,3	2,3	37,3
II 0,01	A	100	0,5	1,1	2,1	3,2	960	600	62,5	0,4	20,2	16,9
	Б	125	0,25	4,5	4,6	9,1	1090	748	68,7	1	17,4	12,9
	В	200	0,25	6	11	17	1270	890	70,1	2	4,3	23,6
	Г	200	0,1	14	38	52	1560	997	63,9	5	6,9	24,2
	Д	200	0,05	26	94	120	1800	1097	60,9	9,7	6,1	23,3
III 0,005	A	175	0,75	2,8	0,7	3,5	900	600	66,7	0,5	30,9	1,9
	Б	275	0,75	3,5	2,4	5,9	965	747	77,4	0,8	11,5	10,3
	В	325	0,5	5,5	7,5	13	1200	898	74,8	1,3	4,9	19,0
	Г	400	0,25	13	27	40	1500	1010	67,3	4,1	3,4	25,2
	Д	375	0,1	40	60	100	1600	1150	71,8	12,5	3	12,7
IV 0,0175	A	225	1,5	1,15	1,1	2,25	900	600	66,7	0,3	33	-
	Б	300	1	3,2	2	5,2	1040	750	72,1	0,7	17,8	9,4
	В	350	0,5	8	5	13	1120	894	79,8	1,6	12,1	6,5
	Г	425	0,25	16	21	37	1305	991	75,9	4,4	7,8	11,9
	Д	400	0,1	43	57	100	1500	1098	73,2	10,7	11,5	4,6
V 0,0005	A	150	1	1,8	0,5	2,3	920	600	65,2	0,4	34,4	-
	Б	250	0,75	4,85	0,95	5,8	1040	750	72,1	0,9	27	-
	В	350	0,5	10,3	3,7	14	1200	900	75	1,8	23,2	-

	Г	550	0,5	14,5	9,5	24	1310	1000	76,3	2,8	15,8	5,1
	Д	850	0,25	51,5	26,5	78	1376	1100	80	9,5	10,5	-

Таблица 2.6

**Нормативные элементы техники бороздкового полива  
и КПД полива для различных природных условий аридной зоны,  
для междурядий 0,9м**

Индексы уклоны $i_{cp}$	Водопроницаем., индексы	Длина борозд м	Расход, q л/с	Время, ч			$m_{3,brutto}$ , м <sup>3</sup> /га	$m_{3,netto}$ , м <sup>3</sup> /га	КПД	Потери, %		
				добегания	доливания	всего Т				на испарение	на фильтрацию	на сброс
для уклонов от 0,005 до 0,04 борозда междурядием 0,9м не рекомендуется												
	А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	Б	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,005	В	450	0,5	15	11,5	26,5	1176	970	82,5	3,05	5,6	8,85
	Г	450	0,25	28	33,3	61,3	1362	1062	78	6,68	3,7	11,62
	Д	400	0,1	76	81	157	1569	1184	75,6	15,1	5,1	4,2
	А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	Б	450	1,2	6	2,8	8,8	938	805	86	1,9	4,1	8
0,0175	В	600	0,75	14	9,5	23,5	1175	986	83,9	2,76	4,34	9
	Г	650	0,35	37,5	24,5	62	1336	1090	81,5	6,48	6,18	5,84
	Д	550	0,15	77	62	139	1517	1188	78,3	13,5	4,6	3,6
	А	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V	Б	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,0005	В	600	0,75	17,4	3,8	21,2	1060	922	87	2,7	10,3	-
	Г	850	0,5	40,2	9,6	49,8	1173	1032	88	5,8	6,2	-
	Д	1000	0,3	84	31,6	115,6	1387	1170	84,4	11,38	2,45	1,77

Таблица 2.7

## Районирование техники полива (САНИИРИ – Павлов)

Уклон					Пло- щадь, тыс.га	%
0,05-0,025 0,04	0,025-0,0075 0,016	0,0075-0,0025 0,005	0,0025-0,001 0,00175	0,001-0,0005 0,0007		
К.О.	З.О.С	Г.П.Т. и Ж.П.Т.	Л.А.П.	Б.П.К.		
Т.С.	Ж.П.Т.	З.О.С.	Л.Г.Т.			
Т.С. – террасированные склоны					27	0,7
К.О. – капельное орошение					220	5,6
З.О.С. – закрытая оросительная сеть с жесткими трубопроводами					429	11
Ж.П.Т – жесткие поливные трубопроводы (напорные)					418	10,7
Г.П.Т. – гибкие поливные трубопроводы					846	21,6
Л.А.П. – лотки автоматизированного полива					527	13,4
Л.Г.Т. – лотки с поливом гибкими трубопроводами					943	24
Б.П.К. – безуклонные поливные карты					510	13
Итого:					3920	100

**Применение передвижных жестких поливных трубопроводов.** Жесткие передвижные поливные трубопроводы конструкции ГСКБ по ирригации испытывались в производственных условиях с 1968 г. в САИМЭ, с 1969 г. – отделением по внедрению мелиоративной техники ГСКБ по ирригации в совхозе №6 им. Титова и в СоюзНИХИ (Ф.М. Саттаров) на землях центральной экспериментальной базы с уклоном поверхности 0,01-0,02. Заводы изготавливают стальные переносные и разборные трубопроводы диаметром 180, 200, 250, 300 и 350 мм.

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

По данным Ф.М. Саттарова, полив жесткими трубопроводами давал значительную экономию в затратах труда, выработка поливальщика увеличилась в 2-3,2 раза. Жесткие трубопроводы имели значительные преимущества перед гибкими шлангами. Они прочней, удобней в эксплуатации и давали лучшее качество полива. Расход в борозды можно было регулировать более надежно и точно. Не было надобности устраивать ложе для укладки трубопровода, так как движущаяся по борозде струя свободно проходила под ним. Это значительно облегчало решение сложной задачи использования сбросной воды и устраняло опасность затопления нижней части поля.

Жесткие трубопроводы долговечней гибких шлангов, они доступны для осмотра, легко промываются, возможна взаимозаменяемость отдельных секций. Они могут заменить открытые оросители в земляном русле на просадочных лессовых грунтах.

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

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

Применялись капроновые шланги диаметром 350 мм. Фактический расход в голове шланга составлял 60-70 л/с. Чтобы захватить более широкий фронт полива и уменьшить количество тактов работы шланга, в борозды давали расход 0,2-0,4 л/с. Средняя ширина захватываемой полосы (длина работающего отрезка шланга) составлял 220 м на посевах с междурядьями 90 см, так что при длине шланга 400 м он обычно работала двумя тактами. Средняя длина борозд составляет 260-300 м. Выпуск воды в поливные борозды из шлангов производили через отверстия диаметром 19 и 40 мм.

Один гибкий шланг обслуживали два поливальщика. Величина расхода, приходящаяся на одного человека, составляла 30-35 л/с вместо 20-25 при поливе из временной оросительной сети. Выработка поливальщика достигала 1,0-1,2 га/смену. Затраты на полив с помощью гибких шлангов в 1,5-2 раза выше, чем при поливе из временных каналов.

На части площади с наиболее неправильным и сложным рельефом, где сильно ощущалось недостаток командования, для подачи воды в гибкие шланги использовались передвижные поливные агрегаты ППА-165 конструкции ГСКБ по ирригации [13].

Согласно данному районированию (табл. 2.8), на почвах высокой водопроницаемости рекомендуется использовать трубопроводы алюминиевые (ТАП), гофрированные пластмассовые трубопроводы (ТОГ), гибкие шланги из мелиоративной ткани (ГШ) и из полиэтиленовой пленки (КОП). Необходимость применения трубопроводов и шлангов вызвана стремлением снизить потери воды. На почвах А, и особенно на песчаниках и галечниках, обычным ручным поливом (без поливной арматуры) качественно полить невозможно из-за больших глубинных потерь.

В 1980-е годы расстояние между бороздами, как правило были в пределах, 0,9 и 0,6 м. Расстояние в 0,6 м применяется, как правило, на уклонах 0,01 и выше.

Таблица 2.8

**Рекомендации по использованию средств совершенствования бороздкового полива**

Степень водопроницаемости и индекс	Уровни целесообразности использования средств	Уклон поливных борозд				
		0,05-0,025 0,04	0,025-0,0075 0,01	0,0075-0,025 0,005	0,0025-0,001 0,00175	0,001-0,0005
Высокая А	Предпочтительный	ТАП, ТОГ, ГШ, КОП	ТАП	ТАП	ТАП	ТАП
	Средний	*	ГШ, ТОГ, КОП	ТОГ, ГШ, КОП	*	*
	Пониженный	*	*	*	ГШ, ТОГ, КОП	ГШ, ТОГ, КОП
Повышенная Б	Предпочтительный	ТАП, ТОГ, КОП, ГШ	ТАП	*	*	*
	Средний		ТОГ, ГШ, КОП	ТАП,	ТАП	ТАП
	Пониженный			ГШ, ТОГ, КОП		
Средняя В	Предпочтительный	ТАП	ТАП			
	Средний	ТОГ, КОП, ГШ		ТАП	ТАП	ТАП
	Пониженный		ТОГ, КОП, ГШ	ГШ, ТОГ, КОП		
Пониженная Г и Д	Предпочтительный	ТАП, ТОГ, КОП, ГШ				
	Средний		ТАП	ТАП	ТАП	ТАП
	Пониженный		ТОГ, КОП, ГШ	КОП		

В таблице использованы следующие обозначения: ГШ – гибкие шланги; ТОГ – гофрированные полужесткие трубопроводы; КОП – комплект одноразового полива; ТАП – алюминиевые трубопроводы.

Поливные средства в таблице размещены в порядке приоритетности их использования. Если графа предпочтительного уровня не заполнена, следует считать наиболее целесообразным решением использование временных оросителей

На больших уклонах (свыше 0,01), в качестве распределительной сети, САНИИРИ (Г.Н. Павлов) рекомендовал использовать закрытую оросительную сеть с гидрантами-гасителями напора. К ним возможно подключение гибких и жестких поливных трубопроводов всех видов.

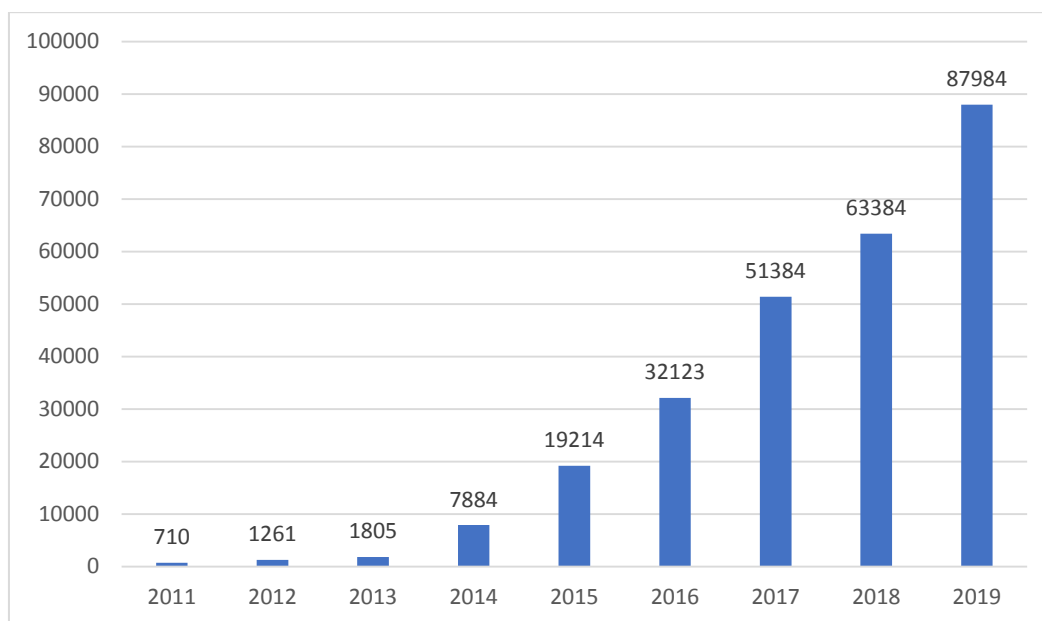
Помимо поливной арматуры, следует обратить внимание на распределительную сеть (временные оросители, ок-арыки, бошарыки), которая в настоящее время построена в земляном русле и служит источником больших фильтрационных потерь, величина которых порой превышает 20%.

С 2009 по 2013 годы площадь орошаемых земель, на которых стали использовать гибкие поливные шланги и пластиковую пленку, довели до 550 и 820 гектаров соответственно. В 2014 году гибкие поливные шланги уже



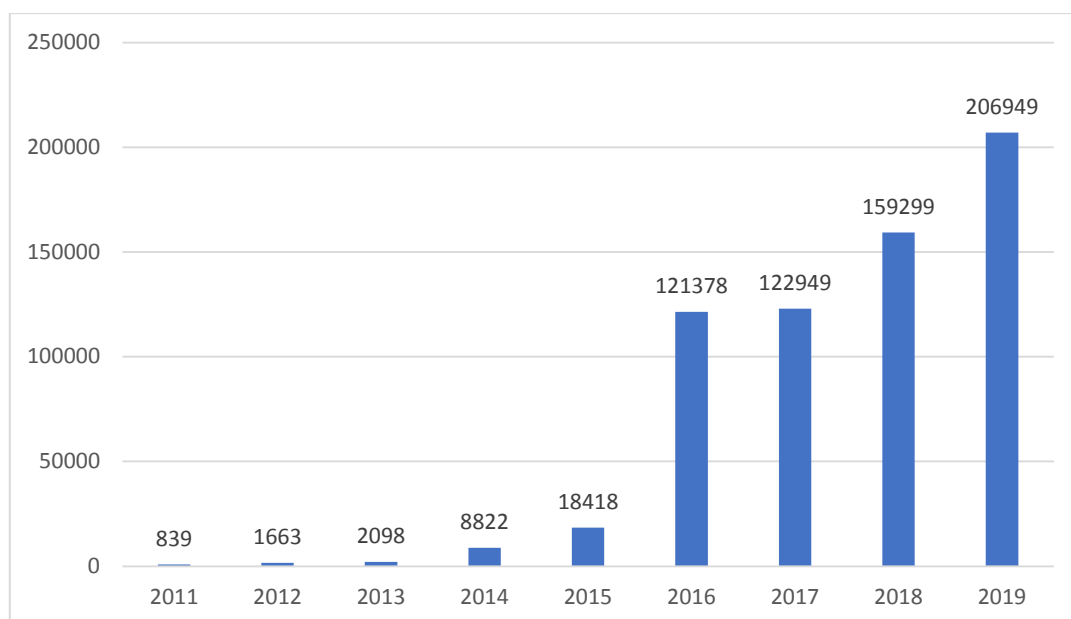
использовались на площади около семи тысяч гектаров, а пластиковые пленки в виде мульчи – на площади более шести тысяч гектаров. 2020-2021 гг. темп работы резко возрос и 2021 году ожидается эти цифры увеличатся до 33 и 45 тысяч гектаров соответственно.

Начиная с 2011 года, в Узбекистане большое внимание уделяется экранированию борозд полиэтиленовой пленкой и использованию гибких трубопроводов вместо ок-арыков (рис. 2.10, 2.11)



По данным Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан, 2019

**Рис.2.10 Развитие полива по экранированным полиэтиленовой пленкой бороздам в Узбекистане, гектары**



По данным Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан, 2019

**Рис. 2.11. Развитие полива по гибким трубопроводам в Узбекистане, гектары**

За последнее 10 лет со стороны международных доноров в водном секторе было реализовано более 20 крупных инвестиционных проектов на сумму 1,2 млрд. долларов.

В результате инвестиций в водохозяйственный сектор были проведены работы по восстановлению ирригационных и дренажных систем, проведена модернизация ряда водохозяйственных объектов и насосных станций, проведена автоматизация отдельных гидротехнических сооружений.

За короткое время с 2008 по 2019 годы в Узбекистане внедрены водосберегающие технологии на площади 350192 га. Из них 55 369 га капельное орошение, 206 949 га переносные гибкие шланги, и 87 894 га орошение с использованием полиэтиленовой пленки на поливные борозды.

## 2.2 Дождевальное орошение

Дождевание относят к наиболее распространенным способам полива. Его использование невозможно без применения специального агрегата. Дождевальная установка разбрызгивает воду, направляя водяные капли на почву и на растения.

Применение дождевальных машин предоставляет возможность:

- заменить природные явления поступления влаги к зерновым и овощным сельскохозяйственным культурам;
- обеспечить полив растений, независимо от формы и рельефа полей;

- создавать искусственный дождь и разбрызгивать капли воды над поверхностью почвы;
- увеличить влажность грунта, воздуха, понизить температуру окружающей среды;
- очистить листья, стебли растений от пыли и грязи;
- обеспечить усиленный рост и развитие сельскохозяйственных культур, а также повысить их урожайность;
- применять разные виды полива: увлажнительный, вегетационный, подкормочный и другие.

Дождевальные машины мобильны, легко передвигаются, отличаются многоцелевым использованием с получением наилучших результатов на фоне экономии времени, трудозатрат и водных ресурсов.

Дождевальное орошение включает:

- **систему широкозахватного дождевального орошения**, при которой вода подается с помощью самоходных широкозахватных агрегатов с круговым или фронтальным движением (рис. 2.12);



с фронтальным движением

с круговым движением

**Рис 2.12 Система широкозахватного дождевального орошения**

- **систему «спринклер»**, при которой вода подается с помощью стационарных короткоструйных опрыскивателей (рис. 2.13);



**Рис. 2.13 Система «спринклер»**

- **мобильную дождевальную систему орошения** посевов с помощью передвижного прицепа и агрегата барабанного типа (рис. 2.14).



с помощью передвижного прицепа



с помощью агрегата барабанного типа

**Рис. 2.14 Мобильная дождевальная система орошения**

Система дождевания является наиболее перспективной и эффективной, по сравнению с поверхностным орошением и имеет следующие преимущества :

- полная механизация работ;
- возможность более точной регулировки поливной нормы, которую устанавливают в широких пределах;
- увлажнение участка, имеющего большой уклон или сложный микрорельеф.

Забор воды при поливе дождевальной установкой возможен из различных источников. При использовании дождевальных машин и установок для полива исключаются работы, направленные на выполнение поливных и

выводных борозд, а также улучшаются условия механизированного ухода за сельскохозяйственными культурами (их посева, обработки и последующей уборки). Запланированный урожай получают в таком случае при меньших затратах воды, если сравнивать этот процесс с поверхностным орошением. Экономия влаги составляет до 15-30 %. Одновременно с орошением в почву могут вноситься необходимые удобрения.

К критериям выбора дождевальных установок относятся:

1. Тип оборудования: барабанный или широкозахватный, фронтальный или круговой.
2. Габаритные размеры, вес дождевальной машины.
3. Площадь фермерских угодий.
4. Производительность и расход воды.
5. Радиус действия и средняя интенсивность потока воды.
6. Диаметр сопел и емкость бака гидроподкормщика.
7. Дата производства, состояние машины.

В настоящее время в мире представлено свыше 100 моделей дождевальных машин торговых марок Bauer, Beinlich, Deutz-Fahr, Fiat, Nettuno, RM и других производителей, а также оригинальные запасные части к технике.

Классификация дождевальной техники проводится по основным конструктивным признакам, которые в значительной мере определяют и технологический процесс полива, и расчеты режимов работы. По этим признакам можно выделить следующие основные типы дождевальной техники:

- 1) многоопорные широкозахватные дождевальные машины;
- 2) дождевальные машины консольного типа;
- 3) дальнеструйные дождевальные машины;
- 4) дождевальные установки с разборным трубопроводом;
- 5) стационарные дождевальные системы.

Многоопорные широкозахватные машины могут быть подразделены по принципу передвижения и работы на следующие типы:

- круговые (центр остаётся в неподвижном положении);
- фронтальные (перемещаются по краю поля).

К первому типу широкозахватных машин [16] осуществляющих полив в движении по кругу, относится дождевальная машина ДМ-100 «Фрегат» (рис. 2.15) Машина представляет собой водопроводящий трубопровод, расположенный на колесных опорах и снабженный дождевальными аппаратами. «Фрегат» отличается высокой степенью автоматизации рабочего процесса и может применяться в различных почвенно-климатических зонах.



ДМ-100 «Фрегат»



ДКШ-64 «Волжанка»

**Рис. 2.15 Дождевальные машины**

Представитель второго типа широкозахватных машин – колесный дождевальная трубопровод ДКШ-64 «Волжанка». Машина состоит из двух дождевальных крыльев общей ширины захвата 800 м. Каждое крыло собирается из 32 звеньев. Звено представляет собой алюминиевую трубу длиной 12,6 м с фланцами на концах для соединения звеньев между собой.

Для орошения высокостебельных культур создана многоопорная дождевальная машина позиционного полива и фронтального перемещения ДФ-120 «Днепр». Водопроводящий трубопровод машины смонтирован на опорных двухколесных тележках велосипедного типа и поддерживается системой тросов. Дождевальные аппараты располагаются на открылках длиной 13,7 м, фиксируемых тросами в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Машина работает позиционно с питанием от гидранта напорной подводящей сети. Ширина захвата машины — 460 м, расстояние между гидрантами — 54 м. Высота расположения трубопровода — 2,1 м, расход воды — 120 л/с.

К третьему типу широкозахватных машин относится электрифицированная дождевальная машина фронтального перемещения с поливом в движении (ЭДМФ) «Кубань» (рис. 2.16). Она предназначена для полива зерновых, овоще-бахчевых и технических культур, многолетних трав и других культур, включая высокостебельные.

Устройство для орошений полей «Валлей» (рис. 2.17). Эти дождевальные машины производятся в США. Главным преимуществом подобных агрегатов является высокое качество орошения и минимальные потери воды при максимальной автоматизации процесса. Управлять большим количеством таких устройств может всего один человек, рабочее место которого расположено в офисе.

Дождевальные машины консольного типа (рис. 2.18) имеют две модификации двухконсольных дождевальных агрегатов — ДДА-100М и ДДА-100МА, монтируемых на тракторе ДТ-75МХ-С4. В конструктивном отношении оба агрегата унифицированы, но последний более производительный и имеет ряд усовершенствований.



«Днепр»

«Кубань»

**Рис 2.16 Дождевальные машины****Рис 2.17 Дождевальная машина «Валлей»**

При работе агрегат движется вдоль временного канала и орошает полосу шириной 120 м. Поэтому оросительная сеть состоит из земляных каналов — временных оросителей, нарезанных параллельно один другому на расстоянии 120 м и имеющих пропускную способность 130 л/с. При поливе агрегаты совершают повторные проходы вдоль каналов, обеспечивая выдачу требуемой нормы.

Дальнеструйные дождевальные машины предназначены для орошения овощных и технических культур, садов, лесопитомников и т.п. с забором воды из открытого водоисточника. Дальнеструйные машины работают позиционно, забирая воду из канала и орошая круговую площадь. После полива одной позиции машина перемещается вдоль канала и устанавливается на другой позиции и т.д., а затем перемещается на следующий канал. Производительность машины ДДН-100 составляет 100 л/с, а ДЦН-70 (рис. 2.19) – 70 л/с. По конструкции машины просты и удобны в эксплуатации, однако качество дождя этих машин хуже всех остальных (высокая интенсивность дождя, большое динамическое воздействие капель). Это ограничивает масштабы их применения.



**Рис 2.18 Дождевальная машина консольного типа ДДА-100МА**



**Рис 2.19 Дальнеструйные дождевальные машины ДДН-70**

Дождевальные установки с разборным трубопроводом. Комплект включает прицепную насосную станцию (СНП-50/80) и среднеструйную дождевальную переносную установку позиционного действия с гидроподкормщиком. После полива площади на данной позиции дождевальные крылья перемещают на новую позицию, для чего трубопровод разбирается и переносится вручную. Ирригационный комплект КИ-50 обеспечивает возможность быстро организовать полив различных участков без особых подготовительных и строительных работ.

Стационарные дождевальные системы содержат стационарную насосную станцию и уложенные под землей напорные трубопроводы, подводящие воду от насосной станции на орошаемый участок. В определенных местах на трубопроводах располагаются гидранты, выходящие на поверхность земли. На них монтируют струйные дождевальные аппараты. Трубы обычно располагают ниже пахотного горизонта. Стационарные дождевальные системы (рис. 2.20) — это капитальные сооружения, они требуют больших единовременных затрат и значительного количества труб, что ограничивает их широкое распространение.



Однако такие системы весьма удобны при эксплуатации и дают возможность полностью автоматизировать полив и производить его без участия людей.



**Рис. 2.20 Стационарная дождевальная система.**

Устройство барабанного типа (рис. 2.21) состоит из колесной тележки, на которой находится разбрызгиватель или спринклер, а также из самой машины. На последней имеется барабан. На него наматывается полиэтиленовый шланг. Машины барабанного типа очень часто используют для орошения небольших полей, а также площадей, обладающих неправильной формой. Мобильность и гибкость этих дождевых машин в таких случаях являются единственным оптимальным решением для сохранения урожая в жаркий период.



**Рис 2.21 Барабанная дождевальная установка**

## 2.2.1 Рабочие органы дождевальных машин и установок

Рабочие органы дождевальных устройств предназначены для преобразования водного потока в дождевые капли, транспортирования капель на определенные расстояния и распределения их по площади полива. Их работой определяется качество дождя, так как по их работе судят о качестве работы всей машины или установки [17, 18].

По характеру процесса образования дождя их разделяют на:

- веерные, которые создают широкий веерообразный поток воды в виде тонкой пленки, которая, встречая сопротивление воздуха, распадается на отдельные капли. Они неподвижны относительно машины или установки и одновременно орошают всю прилегающую к позиции площадь в пределах дальности полета капель, отличаются простотой устройства и получили наименование дождевальных насадок.
- струйные, которые создают поток воды в виде осесимметричных струй, которые в процессе движения под действием сопротивления воздуха распадаются на отдельные капли. Они одновременно орошают прилегающую к позиции площадь в пределах дальности полета струи в форме сектора. Струйные рабочие органы с поворотными устройствами сложнее веерных, их называют дождевальными аппаратами.

Все рабочие органы, т. е. дождевальные насадки и аппараты, подразделяют главным образом по дальности разбрызгивания и напору воды на три группы:

- короткоструйные, или низконапорные (дальность полета капель до 8 м, напор воды 0,05–0,15 МПа);
- среднеструйные, или средненапорные (дальность полета капель до 35 м, напор воды 0,15–0,5 МПа);
- дальнеструйные, или высоконапорные (дальность полета капель до 60 м, напор воды свыше 0,5 МПа).

Разбрызгивание или распыление воды – это имитация естественного природного явления – дождя. Для этого придумана масса приспособлений, спринклеров, от очень простых до довольно сложных. Спринклеры подразделяются на несколько разных групп, предназначенных для применения в различных специфических условиях. Спринклерное орошение больше всего подходит для культур, требующих сплошного полива. Разбрызгиватели также эффективны для регулирования микроклимата и для защиты от заморозков. Малообъемное спринклерное орошение широко используется в садах, и при установке у каждого орошаемого дерева или растения индивидуального распылителя производительностью от 30 до 300 литров в час, позволяет создавать оптимальные условия для роста и плодоношения. Эффективность использования воды достигает 85%.

## 2.2.2 Виды дождевания

По срокам и характеру подачи воды, а, следовательно, увлажнению почвы и биологическому воздействию на полевые, овощные и плодовые культуры различают три вида дождевания:

- обычное;
- импульсное;
- аэрозольное.

При обычном дождевании воду подают на поля в виде дождя со значительным интервалом – 6-12 суток для смягчения микроклимата приземного слоя воздуха (высокая температура, низкая относительная влажность) и создания оптимальных запасов влаги в активном слое почвы 0,5-0,6 м.

При импульсном дождевании воду подают ежедневно в период наиболее высоких дневных температур – с 13 до 15–16 ч для снижения дефицита влажности воздуха.

При аэрозольном дождевании вода подается, как и при импульсном, ежедневно в течение 4-5 ч (с 13 до 16–17 ч) в период высоких температур и низкой относительной влажности воздуха для орошения овощных культур. Мощные установки забирают воду из каналов или трубопроводов и под большим давлением выбрасывают ее в воздух. В зависимости от силы и направления ветра капли дождя в виде тумана распространяются на 200-300 м и более.

### Оросительная сеть при дождевании

Составными элементами дождевальной оросительной системы являются: источник орошения; постоянные и подвижные насосные установки; постоянная сеть каналов и трубопроводов; временная сеть каналов или быстроразборных транспортирующих трубопроводов; стационарные и подвижные дождевальные машины и установки с системой разбрызгивающих аппаратов.

Оросительная сеть при дождевании может быть открытой, трубчатый и комбинированной.

Наиболее совершенна стационарная сеть, позволяющая создавать автоматизированные оросительные системы с использованием высокопроизводительной дождевальной техники. Передвижную сеть выполняют из быстроразборных трубопроводов, укладываемых по поверхности поля, что требует больших затрат ручного труда. Полустационарная сеть сочетает стационарные (обычно магистральные и распределительные) и разборные поливные трубопроводы.

Диаметры трубчатой оросительной сети, напоры, необходимые для подачи требуемых расходов воды, определяют гидравлическими расчетами. При этом расчетные расходы воды должны быть согласованы с расходами дождевальными машинами.

### 2.2.3 Системы спринклерного полива

Спринклерный полив (рис. 2.22) – метод орошения по принципу натурального дождя [17]. Вода распределяется через систему труб и распыляется в воздух через сопла (спринклеры), которые рассекают ее на мелкие капли. Успешно применяется на газонах, малых семейных фермах и больших корпоративных сельскохозяйственных площадях, а также в теплицах.



**Рис. 2.22 Системы спринклерного полива**

В отличие от капельного полива, спринклеры понижают температуру почвы и увеличивают влажность воздуха в приземном слое. Стационарные спринклерные установки способны обеспечить полив с оптимальной частотой и высокой нормой полива даже в очень сухие и жаркие периоды.

Сферы применения спринклерного полива

- на культурах, сравнительно толерантных к болезням, возникающим при попадании на листья капель;
- для регулирования микроклимата;
- в садах устанавливают индивидуальный распылитель рядом с каждым деревом;
- для рассады, выращиваемой в теплицах, а также саженцев в питомниках.

Для равномерности полива в ветреную погоду, спринклеры монтируют так, чтобы образовать 300% перекрытие их радиуса действия. При норме полива от 6 до 8 мм/га в день, полив осуществляется каждые 5 дней, при этом расход составляет от 300 до 400 м<sup>3</sup>/га. В жаркие периоды

при повышенной испаряемости необходимо проводить орошение в ночное время.

Система дождевального орошения подходит для большинства типов почвы. При этом скорость полива (мм/час) должна быть меньше, чем скорость фильтрации почвы (табл. 2.9). Это поможет предотвратить запруживание и избыточный полив.

**Таблица 2.9**

**Скорость фильтрации почвогрунтов**

Тип почвы	Скорость фильтрации (мм/час)
Песчаная	Менее 30
Супесчаный суглинок	20-30
Суглинок	10-20
Иловатый суглинок	5-10
глинистая	1-5

Наиболее подходящий тип – песчаный. У нее самая высокая скорость фильтрации. Поэтому, ей требуется частый, но малый полив. Этот способ полива не подходит для почв, склонных к образованию корки (серо-буро пустынные, тяжелосуглинистые).

К основным характеристикам спринклеров относятся:

- радиус или диаметр орошаемого круга или сектора.
- расход воды или производительность.
- степень распыления.
- рабочее давление.

#### **2.2.4 Опыт внедрения дождевого орошения в Узбекистане**

Первые опыты по дождеванию в Узбекистане проводились в 1931 году в совхозе Пахта-Арал (тогда еще территория Узбекистана). Сотрудниками ВНИИГиМ Е.Г. Петровым и П.Н. Демидовым при непосредственном руководстве А.Н. Костякова были проведены первые хозяйственные опыты на поливе хлопчатника [18, 19]. Испытывались немецкие установки «Ланингер», представляющие дальнеструйные дождевальные аппараты позиционного полива, работающие по кругу. Параллельно опыты проводились и на опытной станции Аккавак (ныне УзНИИХ).

На базе опытов в Пахтаарале была разработана и создана первая советская установка (дождевальный аппарат ВНИИГиМ-1). Для широкого внедрения дождевания в Союзе была создана сеть дождевальных станций. Одна из них была создана в Самарканде (1949), но вскоре (1951) она была переведена в Ташкент и впоследствии стала известна, как НИСТО. Благодаря

усилиям сотрудников этой станции дождевание стало распространяться на территории Узбекистана.

В Узбекистане ГСКБ по ирригации были разработаны и испытаны новые дождевальные машины: АД-100, АД-115, ДМ-200, ДОН-100, ДОС-130, ДОС-400.

Многие организации (САНИИРИ, САИМЭ, ВНИИМиТП) разрабатывали конструкции автоматизированных поливных лотков и вели производственные опыты по внедрению полива дождеванием.

ГСКБ по ирригации проводил производственные опыты дождевания машиной ДДА-100М в совхозе № 6 им. Титова (Голодная степь) на площади около 100 га.

Величина поливных норм колебалась от 750 до 1500 м<sup>3</sup>/га; средняя норма составляла на первом поливе 900, на втором 1100 и на третьем 1000 м<sup>3</sup>/га. При подаче таких поливных норм позиционно в бороздах накапливается значительное количество воды. Чтобы устранять сток, при нарезке борозд через каждые 50 м культиватором устраивают перемычки.

Содержание солей в верхнем метровом слое за период вегетации увеличилось, особенно на участках с засоленной почвой.

Урожайность в 1969 г. составляла на массиве дождевания (980 га) 23,4 ц/га. Круглосуточную работу дождевальных машин обслуживал штат из 2 трактористов, 2 поливальщиков (на 1 машину), 4 слесарей и 1 электросварщика (на каждые 8-10 машин).

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

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

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

Применение «Фрегата» позволяет практически решить вопрос об автоматизации полива и создает возможность завершить комплексную механизацию всех сельскохозяйственных работ на орошаемых землях. Форма орошаемых контуров (окружности) и длительный или, возможно, даже непрерывный полив каждого контура вращающимся колесным трубопроводом потребуют особой организации территории и технологии возделывания хлопчатника. Необходимо

предусмотреть размещение сельскохозяйственных угодий и вспомогательных дождевальных установок так, чтобы использовать полностью не захватываемые или недостаточно увлажняемые участки квадратов, в которые вписаны орошаемые окружности.

«Волжанка» — многоопорная дождевальная установка с поливным трубопроводом длиной 400 м, на котором расположены, как на оси, ходовые колеса, имеющие разный диаметр. Перемещается установка вдоль питающего трубопровода, работая позиционно с небольшой интенсивностью дождя и давая поливаемые участки прямоугольной формы, что облегчает задачу использования ее при существующей организации территории и технологии возделывания хлопчатника. Однако производительность ее меньше, чем у «Фрегата», уровень автоматизации полива ниже.

С 1982 года институт САНИИРИ проводил исследования по внедрению дождевальных машин «Кубань» в совхозах №1 им. Волкова, №10, №1А, «Пятилетия Узбекистана», колхозе «Северный Маяк».

В Узбекистане в 1980 году работало 3100 единиц поливной техники. Большую часть из них составили поливные машины типа ППА-165У и ППА-300 конструкции ГСКБ по ирригации. Их количество составило 2514 единиц. Общее же количество дождевальной техники составило 585 единиц. В основном это машины ДДА-100МА (108 шт) и машины типа ДДН-70, ДДН-100 (325 шт).

Начиная с 1997 года, МСиВХ РУз начало восстановление дождевания и был налажен контакт с американскими фирмами «Валмонт» и «Кейс», которые в 1999 году помогли запустить в хозяйстве «Пятилетия Узбекистана» машину «Валлей», которая работает на оросительной сети, построенной под машину «Кубань».

Как показали опытно-изыскательские работы, дождевальная машина ДДН-70 позволяет экономить по сравнению с ручным бороздковым поливом до 40% оросительной воды и повысить урожайность хлопчатника на 7,7%, а машина «Валлей» – позволяет экономить до 60% воды и поднять урожайность на 26,2%.

Успех перехода на механизированный полив будет во многом зависеть от организации службы эксплуатации и сервисного обслуживания дождевальных машин. Именно такая служба должна быть создана при переходе на механизированные способы полива.

### **2.3 Капельное орошение**

Капельное орошение – способ орошения сельскохозяйственных культур, при котором вода подается в прикорневую зону растений в объеме, соответствующем их потребностям. В результате добиваются экономии водных, энергетических, трудовых ресурсов, повышения эффективности применения удобрений при получении высокой урожайности, возможности автоматизации процесса полива и внесения химических веществ и др.

Применение капельного орошения оказывает определенное влияние на почву, которое в основном зависит от применяемых режимов орошения, качества используемой поливной воды и почвенных условий [20].

Питание растений при капельном орошении наиболее эффективно. Быстрое и интенсивное поглощение питательных веществ происходит вследствие большой развитости корневой системы на увлажненном участке почвы. Кроме того, отсутствие избыточного увлажнения, чередование сухих и влажных участков почвы и циркуляция воды по капиллярному принципу, позволяет макропорам оставаться почти сухими, воздух отсюда вытесняется водой не полностью. Если поверхностный полив сначала перенасыщает почву влагой, подвергая растения стрессу, затем до следующего полива почва переусушивается – это другой стресс, тогда как капельное орошение малыми, но долго действующими дозами принуждает растение развиваться постоянно по времени.

Трудовые затраты на эксплуатации систем капельного орошения значительно ниже бороздкового полива. 3-4 оператора могут управлять поливом в течении сезона на площади 150-200 га, благодаря автоматизации управления системой капельного орошения. Намного снижается потребность в использовании сельскохозяйственных машин за счет менее частой обработки почвы, внесению химикатов и удобрений с оросительной водой.

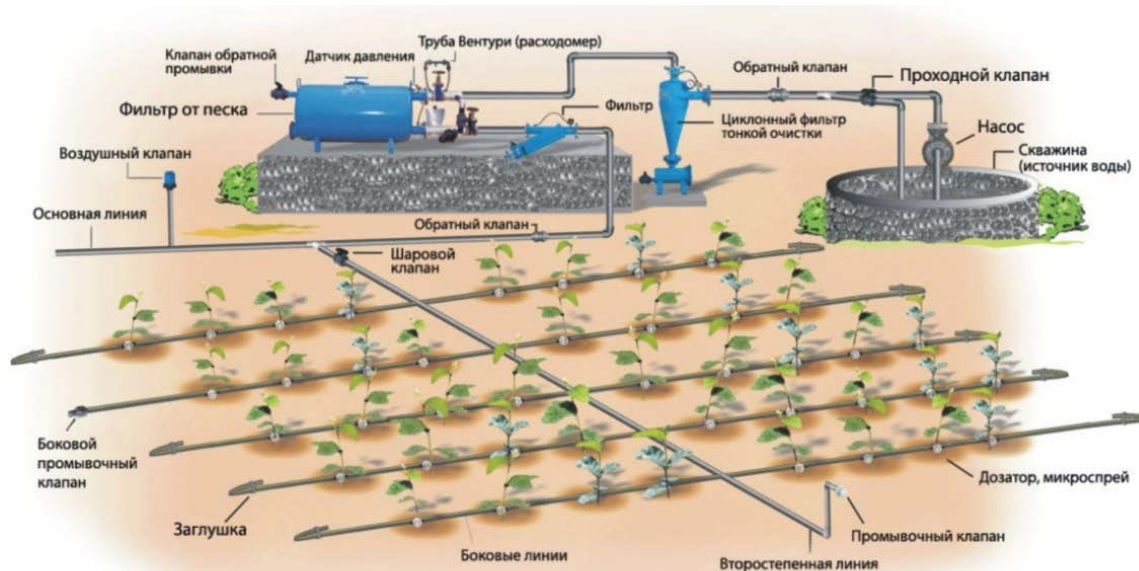
К основным достоинствам капельного орошения относятся [21]:

- значительная экономия поливной воды по сравнению с обычными способами, в частности с дождеванием, — на 50-80% и более;
- резкое снижение потерь воды на фильтрацию и испарение;
- отсутствие поверхностного стока, водной эрозии, а также переноса и потерь воды в атмосферу, наблюдаемых при дождевании;
- уменьшение сорной растительности, а следовательно, и непроизводительного расхода воды из междурядий растений;
- оптимальное и устойчивое увлажнение корнеобитаемого слоя применительно к периодам роста и развития растений;
- возможность локального в небольших дозах внесения удобрений вместе с поливной водой;
- снижение числа междурядных обработок в связи с меньшим развитием сорной растительности;
- возможность уплотнения посевов культур;
- отсутствие подъема грунтовых вод и опасности вторичного засоления;
- возможность использования минерализованной, в частности, морской воды;
- возможность применения на малоразвитых почвах с близким залеганием песка и галечника, где не требуется проведения планировки;
- уменьшение затрат энергии на создание напоров воды в трубопроводах по сравнению с дождеванием;



- повышение урожайности томатов, плодовых и цитрусовых культур до 25-50%.

Оросительная система при капельном орошении состоит из следующих основных частей (рис. 2.23):



**Рис 2.23 Принцип устройства системы капельного орошения**

Для всех видов с/х культур конструкция системы капельного орошения включает:

Насосную станцию — обычные водяные насосы с подачей от 20 до 350 м<sup>3</sup>/час напором 2-5 атм. На склоновых землях может быть использован естественный напор от вышерасположенного источника [21, 22];

Узел очистки воды с гидроподкормщиком. Фильтры: песчаные, сетчатые и гидроциклоны. Фильтры снабжены автоматизированной системой промывки и собираются в фильтровальные станции производительностью до 500-600 м<sup>3</sup>/час.

Гидроподкормщик — устройство, монтируемое в блок с фильтровальной станцией, с помощью которой осуществляется строго дозированная и своевременная подача минеральных удобрений через систему капельного орошения непосредственно к корням каждого растения.

Магистральные и распределительные пластмассовые трубопроводы — система труб различного диаметра от 40 до 300 мм, подающая воду от насоса к поливным трубопроводам.

Поливные трубопроводы — полиэтиленовые трубки, диаметром от 12 мм и выше, укладываемые вдоль рядов растений, параллельно друг другу.

Капельницы — устройство для точечного выпуска воды из поливных трубопроводов, к которым они крепятся, более часто используются капельницы с расходом 2, 4, 6, 8 л/час.

Водораспределительная и регулирующая аппаратура — вентили, задвижки, клапаны, с ручным или автоматическим приводом для регулирования очередности и продолжительности подачи воды на поливной участок.

### **2.3.1 Опыт внедрения капельного орошения в Узбекистане**

Анализ эффективности поливов по методам орошения колеблется в больших пределах. Например, эффективность полива по чекам составляет 40-60%; бороздкового полива – 50-70%; дождевания – 70-85% и капельного орошения – 90-95%

С 1975 г. капельным орошением успешно занимались САНИИРИ и Главсредазсовхозстрой, был построен опытный участок площадью более 10 га в Заминском районе с капельницами собственных конструкций.

В 1977 г. была построена экспериментальная система капельного орошения и высажен сад на барханных песках в Хивинском районе Хорезмской области, где проводился комплексное исследование режима орошения и агротехники СХК.

В 1977 г. система капельного орошения была построена в Научно-производственном объединении садоводства, виноградарства и виноделия им. Р.Р. Шредера на местности со средним уклоном 0,1 в широкорядном и пальметтном садах, где с 1978 г. начаты совместные комплексные исследования по применению таких систем на землях с большими уклонами местности.

В 1978 г. была построена система капельного орошения и высажен сад в учебном хозяйстве Ташкентского сельскохозяйственного института, где проводились широкие исследования.

В 1980-е годы в Узбекистане были построены системы капельного орошения садов и виноградников на площади 410 га.

Если в 1980-е годы ученые проводили опыты по определению эффективных параметров конструкции и комплектующих материалов СКО, то начиная с 1990-х, начали проводить научно-изыскательские работы по установлению режима орошения выращиваемых сельскохозяйственных культур в различных природно-климатических и почвенно-гидрогеологических условиях.

При капельном орошении требуется меньший объем воды, а значит и меньше работы насосов, меньше тратится электро- или других видов энергии (например, дизель) для работы насоса. Также, достигается значительная экономия трудозатрат на проведение поливов (в 1,3-3 раза). Экономятся ГСМ – до 60 литров на 1 гектар хлопчатника за сезон. Экономия минеральных удобрений на 30-40% – при обычном поливе на 1 гектар хлопкового поля расходуется 850 кг азотного удобрения, 150 кг фосфора, 100 кг хлористого калия. При капельном орошении на 1 гектар расходуется 250 кг азота, 150 кг фосфора, 50 кг калия. При этом усвоение минеральных удобрений составляет 90-95%, а при традиционном орошении всего 30-35%.

Растворенные удобрения вносятся непосредственно в корневую зону вместе с водой во время полива. Происходит быстрое и интенсивное поглоще-

ние питательных веществ. Это самый эффективный способ внесения удобрений в засушливых климатических условиях. Выше урожайность и качество продукции – при капельном орошении наблюдается более раннее созревание урожая. За счет точного попадания влаги к корневой системе растений и большей эффективности усвоения удобрений, гарантируется повышение урожайности на 30-70% по сравнению с традиционным орошением.

По оценкам САНИИРИ, площадь эффективного внедрения систем КО оценивается в 350 тыс.га [23]. Это зоны средних, больших и очень больших уклонов на незасоленных и не подверженных засолению землях с УГВ >3м. Общая площадь потенциально пригодных земель под системы КО составляет 1071,2 тыс. га. Из них площадь в 577,9 тыс.га расположена в контурах существующего орошения и 433,3 тыс.га – в контурах намечаемых к орошению земель.

Капельное орошение дает возможность применять полив на склонах или участках со сложной топографией, без сооружения специальных уступов или переноса почвы.

В отличие от других видов орошения, принцип капельного орошения заключается в том, что вода поступает только в прикорневую зону растения, причем количество и периодичность подачи воды очень точны и технически просто регулируются в соответствии с потребностями растения на каждой фазе его развития. Количество и расположение точек подачи воды устанавливается в зависимости от местных условий – типа почвы, вида сельскохозяйственной культуры, климата, качества оросительной воды и т.д. Новизна данного метода, заключается в том, что регулируя режим подачи воды и удобрений влиять на растения можно направленно, замедляя или увеличивая его рост, развитие плодов, развитие его растительной массы и т.д., строя растения по своим потребностям.

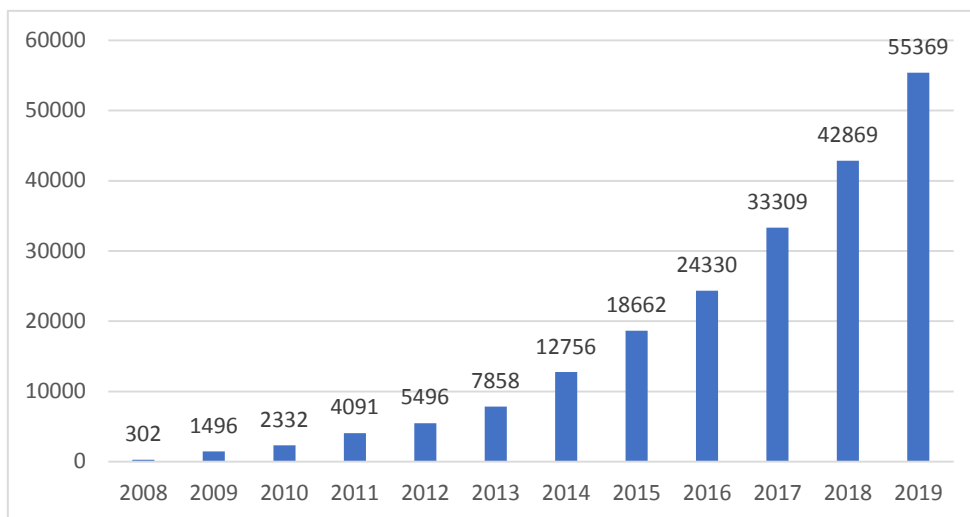
Капельное орошение необходимо использовать с максимальной отдачей. Это прежде всего склоновые земли, где можно использовать естественный напор; песчаные почвы; земли с уже существующим машинным орошением и земли с недостатком оросительной воды. Следует учитывать еще и стоимость выращиваемых с/х культур. В свое время проектными институтами была выполнена схема по размещению капельного орошения в республике [19].

Начиная с 1990 года, конструкция и комплектующие детали системы капельного орошения были усовершенствованы, а именно:

- магистральные и распределительные трубопроводы начали изготавливать из полимерных материалов;
- начали выпускать минеральные удобрения и пестициды специально для СКО;
- начали применяться усовершенствованные фильтры для очистки оросительной воды;
- усовершенствованы капельницы с различной нормой подачи воды;
- налажен выпуск насосов различной конструкции и производительности;
- широко используется альтернативная энергия (солнечная и ветровая) вместо электрической.

Разработаны правила эксплуатации СКО в течение сезона, своевременное проведение профилактических и ремонтных работ, которая позволяет существенно продлить срок работы системы.

В настоящее время общая площадь построенного капельного орошения составляет около 188,369 тысяч га (рис 2.24). До 2030 года планируется внедрить систему капельного орошения на площади 637 тысяч гектаров.



По данным Министерства водного хозяйства Республики Узбекистан, 2019

**Рис 2.24 Развитие системы капельного орошения в Узбекистане, в гектарах**

В настоящее время в Узбекистане большими темпами внедряются системы капельного орошения на орошаемых землях кластеров и фермерских хозяйств. Например, в 2021 году в кластере ТСТ Нижечирчикского района была построена и сдана в эксплуатации система капельного орошения на площади 1100 гектаров.

В Уйчинском районе Наманганской области на территории АВП “Ш. Рашидов” со стороны ООО “ЕСО DRIP LUX” в ООО “Уйчи Соҳибкор агро экспорт” на 286 га и в Учкурганском районе на территории АВП “Мўл ҳосил серсув” в ООО “Мухаммадали ҳамкор бизнес” на площади 520 га построена система капельного орошения, основанная на автоматической системе управления поливом.

В Джизакской области в Заминском районе на территории АВП “Янги чарводор” со стороны ООО “Rain Fain” построена дождевальная система на площади свыше 100 га в фермерских хозяйствах “Хайрулло боғи”, “Фахриддин тут” и “Иброхим даласи”.

В Самаркандской области в Самаркандском районе системы капельного орошения построены на территории АВП “Самарканд” в хозяйстве “Охалик Олтин боғи” на площади 527 га, в Нурабадском районе на территории АВП “Нуробод” в фермерском хозяйстве “Шарипов Тохиржон боғи” на площади

523 га и в Пастдаргомском районе на территории АВП “Прогресс Нур сувчилари” на площади 496 га.

Кроме этого, в республике для развития водосберегающих технологий и, в частности, капельного орошения привлекаются зарубежные инвестиции.

Так, со стороны Немецкого агентства по сотрудничеству на территории Андижанской, Ферганской, Наманганской, Кашкадарьинской, Сурхандарьинской и Сырдарьинской областях построена и внедрена система капельного орошения на площади 60 гектар.

Со стороны Исламского банка развития на территории Сурхандарьинской области в рамках проекта “Реконструкции системы канала Ҳазарбоғ-Оққапчиғай” на площади 100 га построена система капельного орошения на сумму 400 тысяч долларов США.

## 2.4 Внутрипочвенное орошение

Внутрипочвенный полив по трубам-увлажнителям, проложенным на глубине 0,4-0,6 м — удобный и перспективный способ воздействия на растение при культуре открытого и особенно закрытого грунта (теплицы, парники). При внутрипочвенном орошении корнеобитаемый слой увлажняется посредством регулирования уровня грунтовых вод. К достоинствам внутрипочвенного орошения относятся [24]:

- механизация процессов сельскохозяйственных работ и высокий коэффициент полезного использования орошаемой территории;
- сохранение структуры верхних слоев почвы и поддержание их в рыхлом состоянии;
- возможность загущения посевов с учетом оптимальной площади питания и направления рядков растений исходя из оптимального светового режима, а следовательно, из максимального использования солнечной энергии;
- снижение поливных норм и более продуктивное использование поливной воды;
- возможность двустороннего регулирования водного режима осушенных земель;
- сочетание полива с одновременным внесением непосредственно в зону корней растворимых питательных веществ;
- возможность сочетания увлажнения с одновременным обогревом почвы термальными и сбросными теплыми водами ТЭС;
- возможность автоматизации, а следовательно, и снижение затрат ручного труда при поливе.

При организации внутрипочвенного орошения, особенно на крупных площадях, необходимо учитывать и некоторые его недостатки:

- возможность применения на почвах только с хорошей капиллярной проводимостью, то есть на суглинистых почвах или на легких почвах при наличии на небольшой глубине водоупора;
- неприменимость на засоленных почвах с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, а также при большом (50 %) содержании карбонатов, вызывающих просадку грунта;
- необходимость подачи чистой воды в связи с возможностью заиливания трубопроводов-увлажнителей;
- большая потребность в трубах и высокие, как правило, одновременные капитальные вложения в строительство и оборудование системы.



**Рис 2.25 Система внутрипочвенного орошения**

Внутрипочвенный полив (рис. 2.25) основан на всасывающей способности почвы. Чем выше капиллярная проводимость почвы, меньше диаметр ее частиц, тем больше всасывающая способность почвы. Она зависит не только от механического состава и чередования отдельных слоев почвы, но и от влагонасыщенности почвы. При влажности почвы, близкой к наименьшей влагоемкости (НВ), всасывающая способность близка к нулю, при абсолютно сухой почве она достигает максимума.

В зависимости от механического состава всасывающая способность может быть различной: на тяжелых почвах в сухом состоянии она составляет 40-50 см, при влажности 55% НВ — 4-5 см; на легких соответственно 15-20 и 1-2 см.

Трубы-увлажнители прокладывают на глубине 45-50 см на расстоянии обычно 1,25-1,5 м, но не более 2,0 м. Трубы-увлажнители могут быть гончарными или перфорированными из полиэтилена или поливинилхлорида. Вода из труб в почву поступает через стыки гончарных труб 1,0-1,5 мм или через перфорацию.

Длину труб-увлажнителей принимают в пределах 150-250 м, в среднем 200 м. Во избежание заиливания трубы-увлажнители промывают. По характеру действия различают безнапорные и напорные системы. При безнапорной

системе вода продвигается по трубам самотеком. Чтобы трубы-увлажнители не заилились, их прокладывают к полевому водосбросному трубопроводу-коллектору с уклоном не менее 0,004-0,005; скорость движения воды в трубах тогда не менее 0,7-0,8 м/с. При напорной системе увлажнение почвы происходит под напором. Напорные системы при периодической подаче воды эффективнее безнапорных. Они позволяют увеличить расстояние между трубами-увлажнителями до 2-3 м; сокращают сроки полива и поливные нормы; растворяют и вымывают водорастворимые соли из зоны корневой системы растений; осуществляют периодическую промывку закрытых увлажнителей.

При напорной системе трубы-увлажнители прокладывают с обратным уклоном к трубопроводу, который является не только оросителем, но и коллектором.

Для устройства труб-увлажнителей используют готовые полиэтиленовые трубы диаметром 40, 50 и 70 мм.

#### **2.4.1 Опыт внедрения внутрипочвенного орошения в Узбекистане**

В 1967 г. Главсредазирсовхозстрой совместно с другими организациями начал широкие экспериментальные исследования по внутрипочвенному орошению хлопчатника в Голодной степи. Площадь внутрипочвенного орошения достигла 140 га. Установлено увеличение урожайности хлопчатника по сравнению с контролем (полив по бороздам) и уменьшение потерь воды на испарение из почвы, но в слое выше труб-увлажнителей отмечено некоторое увеличение количества легкорастворимых солей. Экспериментальные работы позволили также выявить ряд конструктивных недостатков этих систем и необходимость их дальнейшего совершенствования [25].

В условиях Научно-исследовательской станции по технике орошения (НИСТО САНИИРИ), внутрипочвенное орошение много лет испытывалось в яблоневом саде. Система ВПО с трубчатыми перфорированными увлажнителями под руководством Н.Р. Хамраева испытывалась в совхозе №10 Сырдарьинской области на поливе хлопчатника.

Опыт применения систем ВПО в Узбекистане позволил выявить их достоинства и недостатки.

К достоинствам следует отнести:

1. Возможность поддержания заданной влажности в корнеобитаемой зоне в течение всего вегетационного периода.
2. Значительное снижение развития сорной растительности.
3. Существенная экономия оросительной воды.
4. Высокая равномерность полива в очаге увлажнения, способствующая повышению урожайности.
5. Возможность экономного внесения с водой растворимых удобрений.

К недостаткам следует отнести:

1. Значительную стоимость системы
2. Затруднение всхожести семян.
3. Заиление труб и зарастание корнями увлажнителей, что снижает надежность работы системы.
4. Возможность развития оползневых явлений на землях с большими уклонами
5. Значительные трудности, связанные с обнаружением неисправностей



### III. Планировка орошаемых земель

В результате проведения некачественных сельскохозяйственных работ (пахота, культивация, разравнивания окарывков и т.д.) на поливных контурах орошения появляются неровные участки. На повышениях поля растения засыхают от недостатка влаги, а на понижениях они гибнут от вымочки из-за застоя воды и неблагоприятных для растений и почв анаэробных условий. Все это в конечном итоге приводит к снижению урожайности сельхозкультур. Площадь участков с буграми и низинами на неспланированном поле, может достигать до 40 % от общей площади. Такие поля покрыты пятнами, проявляющимися в неравномерности роста и созревания растений [26, 27].

Поэтому необходимым условием для организации поверхностного полива является планировка поля, которая предназначена для устранения на нем имеющихся значительных повышений и понижений ( $\pm 30$  см) и создания ровной горизонтальной или наклонной поверхности, в зависимости от выбранного способа орошения. Отклонения высотных отметок спланированной поверхности относительно проектной не должны превышать  $\pm 5$  см, что обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур и экономию поливной воды. Точность планировки рисовых чеков назначают в пределах не более  $\pm 3$  см. Повышение точности планировки с  $\pm 5$  до  $\pm 3$  см, т.е. всего на  $\pm 2$  см, дает прибавку урожайности риса на 19,9 ц/га (47%) и экономию поливной воды 1621 м<sup>3</sup>/т (36%).

Качественно спланированное поле обладает следующими преимуществами [28]:

- своевременное проведение вспашки, сева семян и внесение удобрений, более быстрое и равномерное подсыхание почвы,
- равномерное распределение слоя воды и одинаковые условия для увлажнения почвы по площади и глубине,
- одинаковая глубина заделки семян и внесения удобрений,
- оптимальный воздушный, питательный и водный режим почвы, обеспечивающий равномерную всхожесть, рост, благоприятное развитие растений и созревание урожая в более короткий срок,
- снижение трудозатрат при обработке и поливе почвы, уборке урожая и автоматизации полива,
- экономия поливной воды, сокращение времени на полив,
- предотвращение переувлажнения, засоления и ирригационной эрозии почвы,
- сокращение применения ядохимикатов и получение продукции высокого качества

Планировку под полив пропашных культур, культур сплошного сева, садов и виноградников выполняют под топографическую поверхность.

Способ планировки с сохранением верхнего слоя почвы имеет четыре разновидности: кулисный; по полосам с двукратным перемещением верхнего слоя почвы; по полосам с однократным перемещением верхнего слоя; буртованием.

### 3.1 Применяемые землеройно-планировочные машины

Планировочные работы выполняют различными типами мелиоративных и других машин. К их числу относятся: скреперы, длиннобазовые и короткобазовые и скрепер-планировщики. Для выполнения точной планировки машины оснащают лазерной системой автоматического управления высотой положения рабочего органа. Используют также зарубежные короткобазовые планировщики типа Mara (Италия) с лазерным управлением и скрепер-планировщик LCE 16 (США) с навигационной аппаратурой.

Скреперы предназначены [26] для срезки грунта с повышений, его транспортировки и отсыпки грунта в понижения. Скреперы необходимы при больших объемах земляных работ, значительной толщине срезки в плотных грунтах (рис 3.1).



**Рис. 3.1 Прицепной скрепер ДЗ-77 с лазерным управлением**

Короткобазовые планировщики с бездонным ковшом осуществляют планировку путем срезки грунта с повышений и отсыпки грунта, образующегося в призме волочения, в понижения (рис 3.2).

Клин-планировщики (рис 3.3) КП-719, КПУ-4,5, ПК-1 предназначены для срезки грунта на повышениях с одновременным образованием по краям клиновидного отвала земляных валиков. При планировке эти насыпные валики собирают и развозят в понижения скреперами.



**Рис. 3.2 Короткобазовый планировщик ПАУ-4,2 с лазерным управлением**



**Рис. 3.3 Прицепной клин-планировщик КП-719 с лазерным управлением**

На рис.3.4 приведен короткобазовый скрепер-планировщик СП-4.2 с лазерным управлением.



**Рис. 3.4 Короткобазовый скрепер-планировщик СП-4,2 с лазерным управлением**

### **Подготовительные работы**

Перед планировкой проводят следующие подготовительные работы:

- уборка территории от различного мусора, металлических и других предметов и пр.,
- очистка площади от камыша, кустарника, мелкокося, древесной растительности, пней, крупных камней, сорняков, пожнивных остатков и т.п. с удалением остатков дернины и больших глыб почвы, которые препятствуют работе машин и снижают качество планировки,
- срезка больших бугров и засыпка крупных ям и канав,
- определение средней толщины плодородного слоя почвы путем бурения скважин или отрывки шурфов на глубину плодородного слоя в различных местах чека, поля для выбора вида планировки (кулисной или бескулисной).
- определение категории грунта плотномером для выбора типов машин и назначения дополнительных работ (вспашка, рыхление, дискование почвы).

### **Капитальная планировка**

Для проведения капитальной планировки все машины комплектуют лазерным оборудованием. Машинистам выдают проект планировки в виде картограммы и схемы возки грунта. Применение того или иного типа машины во многом зависит от условий работ, вида планировки, подготовительных работ и принятой технологии.

## Кулисная планировка

Наиболее эффективным способом сохранения плодородного слоя почвы для лазерной планировки земель под горизонтальные и наклонные плоскости является способ буртования грунта. Плодородный слой срезают на повышениях и понижениях и размещают его в буртах (кулисах) в зонах нулевых работ, где планировка не выполняется. При недостаточной площади нулевых работ допускается складирование почвы во временные кавальеры за пределами планируемого участка. После планировки плодородный слой снова возвращают в зоны срезанного грунта. При необходимости вносят органические удобрения. Объемы земляных работ кулисной планировки чеков могут достигать до 2000 м<sup>3</sup>/га.

## Ежегодная и ремонтная планировка

Эксплуатационная планировка рисовых чеков и поливных участков проводится ежегодно весной перед посевом с применением планировщиков. Оснащение этих и других машин лазерной системой управления позволяет обеспечить планировку под горизонтальную или наклонную плоскость.

Стоимость лазерной планировки напрямую связана с объемами земляных работ. Через год после проведения капитальной планировки объемы земляных работ минимальны (до 100 м<sup>3</sup>/га), но с каждым годом возрастают и через 5-8 лет они могут достигать 300–420 м<sup>3</sup>/га и более. Поэтому представляется целесообразным ежегодно проводить планировку различными планировочными машинами с лазерным управлением, что обеспечит при минимальных объемах земляных работ их наименьшую стоимость.

Проведение ежегодной и ремонтной планировки позволит в дальнейшем избежать дорогостоящей капитальной планировки и поддерживать высокое качество чеков с наименьшими затратами.

Качественно спланированное поле обладает следующими преимуществами [26]:

- своевременное проведение вспашки, сева семян и внесение удобрений, более быстрое и равномерное подсыхание почвы,
- равномерное распределение слоя воды и одинаковые условия для увлажнения почвы по площади и глубине,
- одинаковая глубина заделки семян и внесения удобрений,
- оптимальный воздушный, питательный и водный режим почвы, обеспечивающий равномерную всхожесть, рост, благоприятное развитие растений и созревание урожая в более короткий срок,
- снижение трудозатрат при обработке и поливе почвы, уборке урожая и автоматизации полива,
- экономия поливной воды, сокращение времени на полив,
- предотвращение переувлажнения, засоления и ирригационной эрозии почвы,

- сокращение применения ядохимикатов и получение продукции высокого качества.

Многочисленные отечественные и зарубежные исследования и наблюдения за урожайностью выращиваемых растений показывают высокую эффективность планировки на орошаемых землях. Наиболее ярко это проявляется при выращивании риса и сопутствующих севообороту других растений. Многолетними экспериментальными данными В.А. Попова установлено, что лазерная планировка рисовых чеков под горизонтальную плоскость с точностью  $\pm 2-3$  см является базой в создании эффективных агротехнологий.

Основные преимущества точной планировки [28]:

- снижение норм сева семян на 20-30 % за счет повышения полевой всхожести при отсутствии глубоких микропонижений, в которых проростки риса погибают,
- сокращение продолжительности вегетационного периода на 8-12 дней при густоте растений 250-300 шт/м<sup>2</sup>,
- снижение на 60-70 % применения дорогостоящих химических средств защиты риса от сорняков, вредителей и болезней, а также минеральных удобрений на 20-30 %,
- уменьшение расхода оросительной воды на 10-15 % за счет сокращения вегетационного периода и снижения потерь на фильтрацию в период первоначального затопления и технических сбросов в предуборочный период,
- значительное (до 30 %) сокращение потерь зерна при уборке риса за счет повышения производительности уборочной техники и качества работ при отсутствии пестроты стеблестоя.

Экономическая эффективность планировки рисовых чеков, подсчитана с учетом действующих норм и цен на рис-сырец, посадочный материал, поливную воду, гербициды и минеральные (азотные, фосфорные и калийные) удобрения. Наибольший эффект получен за счет повышения урожайности риса (47 %) и уменьшения потерь зерна при уборке (24 %). На долю остальных показателей приходится 29 %.

Другие сельскохозяйственные культуры также чувствительны к планировке. Так, урожайность зерновых и других культур на выровненном под уклон поле при поливе по бороздам возрастает в 1,3-2,3 раза, а поливная норма сокращается в 1,6-2,2 раза. При возделывании на спланированных грядах овощных и зернобобовых культур продуктивность земель возрастает на 15-25 %. При поливе по спланированным длинным полосам и бороздам (400-500 м) производительность повышается в 4-8 раз. Качественная планировка позволяет реализовать новые механизированные и водосберегающие технологии поверхностного полива по бороздам.

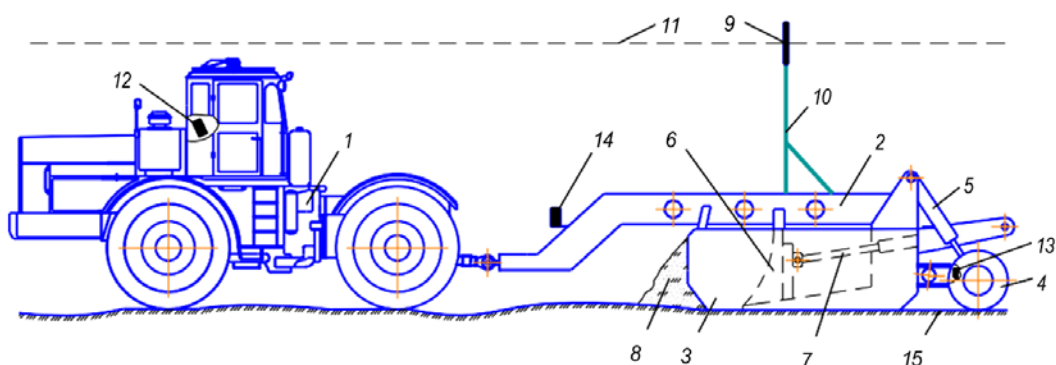
После планировки урожайность хлопчатника в 1,3-2,9 раза выше, а поливная норма в 1,6-2,2 раза меньше по сравнению с неспланированными участками. Урожайность хлопчатника, выращиваемого на наклонной плоскости, в 1,5 раза выше, чем на топографической поверхности. На спланированных

полях можно проводить равномерную промывку земель при расходах воды в два раза меньше, чем на участках без планировки. Чрезмерные нормы промывки приводят к резкому подъему грунтовых вод и засолению земель. Планировка позволяет также устранить неравномерность увлажнения солонцеватых почв.

При реконструкции существующих оросительных систем применяют поверхностный полив по спланированным широким длинным полосам с устройством ложбин, нарезанных поперек полос без уклона и сброса воды за пределы орошаемого участка. Это обеспечивает равномерное увлажнение почвы и повышение производительности труда поливальщиков. По сравнению с дождеванием такой способ полива позволяет сэкономить энергоресурсы, снизить затраты капитальных вложений на мелиоративное строительство в 1,5-2,3 раза и эксплуатационные затраты в 2,4-2,7 раза.

Периодичность проведения капитальной планировки составляет 5-8 лет. За этот период потери урожая риса составляют 20-30% за счет деформации спланированной поверхности с образованием неровностей под воздействием вышеперечисленных факторов. Поэтому одной из главных задач повышения урожайности риса является дальнейшее расширение объемов проведения лазерной планировки и постоянное поддержание качественного состояния спланированных чеков путем проведения на них ежегодной и ремонтной (через 1-3 года) планировки с применением лазерной техники.

#### Принцип действия лазерных систем управления



**Рис. 3.5** Схема скрепера-планировщика с лазерной системой

Принцип действия лазерной системы управления (рис.3.5) заключается в следующем. Когда центр приемника 9 расположен на лазерной плоскости 11 режущая кромка ковша машины 3 находится на проектной отметке 15 при неподвижном положении штока гидроцилиндра 5. В случаях смещения центра приемника 9 вверх или вниз относительно лазерного луча 11 приемник вырабатывает электрический сигнал управления, последовательно передающийся сначала на пульт управления 12, затем на гидроблок 14 и далее на гидроцилиндр 5. Последний перемещает ковш 3 вместе с приемником 9 вниз или вверх (в сторону устранения возникшего смещения) до момента возвращения центра приемника снова на лазерный луч 11 и режущей кромки ковша на проектную отметку 15. При этом гидроцилиндр вновь устанавливается в запорном положении.

### 3.2 Планировка орошаемых земель в Узбекистане

Постоянный рост численности населения приводит к увеличению потребности в сельскохозяйственной продукции. А для этого в Узбекистане, как и в других странах мира, требуется выращивать и производить больше сельскохозяйственной продукции при имеющихся земельных и водных ресурсах. Поскольку возможности увеличивать посевную площадь и объем водных ресурсов для орошаемого земледелия нет, необходимо использовать имеющиеся ресурсы более эффективно.

Международный проект ZEF/UNESCO в Узбекистане совместно с ННО «Хорезмский агроконсультативный центр» KRASS уже несколько лет проводит научные изыскания по апробации и адаптации технологии лазерной планировки земель на опытных полях фермерских хозяйств Хорезмской области.

По результатам, полученным в ходе измерений, выявлены следующие преимущества данной технологии:

- 1 экономия оросительной воды на 20-25%;
- 2 снижение засоления почвы;
- 3 сокращение времени полива, рабочей силы и энергии;
- 4 дружное и равномерное появление всходов;
- 5 равномерное увлажнение почв;
- 6 повышение урожая зерна пшеницы и хлопка-сырца на 4-7 ц/га;
- 7 дополнительная прибыль за счет повышения урожайности культур.

Лазерный планировщик предназначен для эксплуатационной планировки орошаемых полей после предварительных работ, состоящих из разрыхления почвы, измельчения глыб и грубой планировки длиннобазами.

Результаты эксперимента, проведенного в Хорезмской области, показали, что при применении технологии лазерной планировки на хлопковых полях также достигается высокая экономическая эффективность. В частности, в первый год применения данной технологии на хлопковых полях затраты на рабочую силу сократились на 11%, затраты на полив – на 21%, расход воды – на 20%. Затраты на механизацию на 2-й год сократились на 11%. Вместе с этим, урожайность повысилась на 10%, что дало возможность повысить рентабельность с 10 до 15% в первый год, и до 25% на 2-й и последующие годы.



## **IV. Мероприятия, направленные на предотвращение потерь воды в оросительной сети**

Известны следующие виды потерь оросительной воды [29]:

- 1) технические потери (потери воды из оросительных каналов на фильтрацию и испарение с водной поверхности);
- 2) организационные потери (технологические потери);
- 3) эксплуатационные потери, утечки и холостые сбросы из каналов;
- 4). потери с орошаемого поля на фильтрацию и испарение

Разнообразные природные и хозяйственные условия районов орошения обусловили применение различных конструкций антифильтрационных одежд на оросительных каналах.

В целях уменьшения (устранения) технических потерь воды из оросительных каналов на фильтрацию предусматривают создание противофильтрационных одежд или облицовок, гидроизоляций и водонепроницаемых экранов из естественного грунта, нефтяного битума и пластмассовых пленок, применение лотковой и трубчатой сетей.

Потери воды из каналов обусловлены как её испарением с поверхности открытых каналов, так и её фильтрацией через стенки и дно русла. При этом потери на испарение в большинстве случаев весьма малы, тогда как потери на фильтрацию могут достигать очень больших величин, заметно снижающих экономическую эффективность канала. Кроме этого, обводнение близлежащего грунта может привести к заболачиванию местности, при просадочных грунтах – к деформациям канала и разрушению сооружений, в горных условиях – к опасным обрушениям и селям.

Различают две стадии фильтрации (рис. 4.1): свободную и с подпором. При несвободной фильтрации с подпором фильтрационный поток из канала соприкасается с грунтовым потоком и подпирается им.

### **4.1 Методы борьбы с потерями воды**

Так, при фильтрации из каналов (рис. 4.2) происходят непроизводительные потери воды, подъем уровня грунтовых вод, подтопление и заболачивание территорий, вторичное засоление почв, а также создание аварийных ситуаций [2].



1 — начальный уровень грунтовых вод; 2 — граница растекания  
3 — фронт движения зоны промачивания; 4 — капельный поток

**Рис. 4.1 Виды фильтрации воды из каналов**



**Рис. 4.2. Последствия фильтрации из оросительных каналов**

## 4.2 Способы уменьшения фильтрационных потерь

Если фактический КПД получаются меньше допускаемых (проектных), на каналах предусматривают противофильтрационные мероприятия или же каналы заменяют лотками либо трубопроводами. Существует два способа борьбы с фильтрационными потерями в каналах: уменьшение водопроницаемости грунтов ложа каналов и устройство одежд из маловодопроницаемых материалов.

Наиболее широко в качестве противофильтрационных мероприятий применяются уплотнение и кольматация грунтов, бетонные, железобетонные и асфальтобетонные облицовки.

**Уплотнение грунтов.** Грунт в ложе каналов уплотняется при помощи катков (гладких и кулачковых), трамбующих и вибрационных машин. Уплотнение как противофильтрационное мероприятие применяется только в каналах, проходящих в связных грунтах. При уплотнении уменьшается пористость грунта, водопроницаемость его падает во много раз, грунт становится более прочным и устойчивым к размыву [30].

С течением времени уплотненный слой разуплотняется в результате попеременного высыхания и увлажнения, замерзания и оттаивания, пронизывания его корнями растений и ходами землероев. Срок службы поверхностного уплотненного слоя равен 2-4 годам.

**Кольматация грунтов.** Под кольматацией понимается процесс вымывания глинистых или илистых частиц в поры грунта под действием фильтрационных токов. Частицы глины или ила, попадая в поры грунта, оседают там и уменьшают активную пористость. Кольматироваться могут пески различной крупности, а также связные и структурные грунты, изобилующие трещинами и ходами землероев. Для получения заметного противофильтрационного эффекта необходимо, чтобы диаметр частиц кольмататора (глины или ила) был в 10-20 раз меньше диаметра частиц кольматируемого грунта. Во многих случаях наблюдается естественная кольматация грунтов, когда по каналам пропускается вода, содержащая глинистые или илистые наносы.

**Глиняные и глинобетонные покрытия и экраны.** Положительное свойство глиняных покрытий и экранов – почти полная их водонепроницаемость, упругость и сравнительная дешевизна. Покрытия из чистой глины можно применять только на непрерывно действующих каналах. Для каналов с расходом менее  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  толщина покрытий принимается равной 5-10 см, а для каналов с расходом более  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  — 15-20 см. В периодически действующих каналах устраивают глиняные экраны или поверхностные покрытия из смеси глины с соломой толщиной 4-6 см. Покрытия получаются более устойчивыми и долговечными, если их делать не из глины, а из глинобетона. Глинобетон — это смесь глины, песка, гравия или щебня. Содержание глины в смеси 20-30%, песка 40-45 и гравия или щебня 30-35% (крупностью 20-30 мм).

Наиболее надежны из всех противофильтрационных одежд **бетонные и железобетонные облицовки**. Обеспечивая значительное уменьшение фильтрационных потерь, они позволяют также снизить стоимость земляных работ (за счет увеличения скорости течения воды в каналах) и улучшить общие

условия эксплуатации каналов, поскольку облицованные каналы практически не зарастают и мало заиляются. Особенно целесообразно применение бетонных облицовок при устройстве каналов в глубоких выемках, насыпях, сильнофильтрующих и просадочных грунтах.

**Покрытия из пластических материалов.** Пластмассовые пленки (полиэтиленовые, поливинилхлоридные и др.) широко применяют в качестве противофильтрационных покрытий. На небольших временно действующих каналах пленки переносят с одного канала на другой, а на более или менее крупных каналах устраивают постоянные покрытия. Пленки прикрывают защитным слоем из местного грунта. Кроме этого пластмассовые пленки применяют в качестве гидроизоляционных прослоек при устройстве бетонных или железобетонных облицовок. Толщина пленок 0,1-0,2 мм. Полиэтиленовые пленки в поверхностных покрытиях служат 2-3 сезона.

Однако, несмотря на большое разнообразие существующих противофильтрационных мероприятий и различного типа облицовок, потери воды от фильтрации в оросительных системах остаются еще значительными.

В связи с этим, необходима разработка высоконадежных конструкций противофильтрационных облицовок оросительных каналов нового поколения [32].

Эффективность мероприятий по снижению потерь воды в каналах показаны в таблице 4.1.

**Таблица 4.1**

**Эффективность антифильтрационных мероприятия**

Мероприятия	Снижение потерь %	Число раз
Кольматация	40-50	1,5-2
Уплотнение ложа	50-60	2-2,5
Глинянные экраны	70-80	3,5-5
Полиэтил пленки	70-80	3,5-5
Бетонные облицовки	80-90	5-10

Разработаны лучшие зарубежные аналоги [32] высоконадежных конструкций противофильтрационных облицовок (табл. 4.2).

Таблица 4.2

**Типы противофильтрационных покрытий оросительных каналов  
с использованием геосинтетических материалов**

Тип экрана	Показатель долговечности, лет	Показатель водонепроницаемости, см/с
Поверхностный (из полимерной геомембраны)	25-50	$10^{-7}$ - $10^{-8}$
Поверхностный (из бентонитовых матов)	50-70	$10^{-8}$ - $10^{-9}$
С геомембраной и защитным покрытием из грунта	> 75	$10^{-8}$ - $10^{-9}$
С геомембраной и защитным покрытием из бетона (t=0,05-0,10 м)	50-75	$10^{-8}$ - $10^{-9}$
С бентоматами и защитным покрытием из грунта (t=0,3-0,5 м)	75-100	$10^{-9}$ - $10^{-10}$
С бентоматами и защитным покрытием из бетона (t=0,1-0,15 м)	> 100	$10^{-10}$ - $10^{-11}$
Комбинированные экраны [10] (включающие два и более п/ф элемента из геосинтетических материалов)	> 100	$10^{-12}$ - $10^{-14}$

Применение высоконадежных конструкций противофильтрационных облицовок в целом позволяет экономить водные ресурсы до 20-30 %, создавать более благоприятную экологическую обстановку на орошаемых землях за счет снижения уровня грунтовых вод и повышать их плодородие вследствие исключения засоления и подтопления территорий.

Для повышения эффективности и надежности оросительных каналов, предлагается комплекс противофильтрационных мероприятий и практических рекомендаций [32], включающих эксплуатационные, инженерные и конструктивные мероприятия (таблица 4.3).

Таблица 4.3

**Комплекс мероприятий по повышению эффективности и надежности на оросительных каналах**

Наименование мероприятий	Эффективность мероприятия
<b>Эксплуатационные мероприятия</b>	
Правильная организация и проведение внутрихозяйственных планов водопользования и системных планов водораспределения	Экономия водных ресурсов на 15-20 %; увеличение урожайности с/х культур
Рациональное распределение оросительной воды	Оптимизация использования водных ресурсов на 5-10 %
Своевременное проведение работ по ремонту и уходу за каналами, ГТС на системах и поддержание их в технически исправном состоянии	Снижение потерь воды при транспортировке от водозабора до орошаемого поля; предотвращение вторичного засоления и заболачивания
Правильная эксплуатация каналов, недопущение работы их при форсированных уровнях и подпорах	Снижение потерь воды при транспортировке
Бесперебойная и длительная работа канала	Снижение потерь на фильтрацию в 10-15 раз
<b>Инженерные мероприятия</b>	
Рациональное проектирование поперечного сечения каналов	Снижение потерь на фильтрацию
Ремонт швов различными герметиками (например, жидкой резиной)	Водонепроницаемость, хорошая адгезия с бетоном; простота применения
Использование бентонитового жгута на стыках бетонных облицовок	Повышение долговечности и качества герметизации стыковых соединений
<b>Конструктивные мероприятия</b>	
Применение полимерных геомембан	Повышение водонепроницаемости в 1,5-2,0 раза; долговечности до 50-75 лет; снижение шероховатости
Применение бентоматов	Регенерация повреждений при гидратации материала; не требуется постоянный контроль сплошности; повышение срока службы до 75-100 лет
Применение геокомпозитных материалов	Полная водонепроницаемость, не ограниченный срок службы
Применение защитных прокладок из геотекстиля	Снижение повреждаемости геомембраны в 10-12 раз; использование в качестве дренирующего слоя
Применение георешетки	Возможность устройства покрытий на просадочных грунтах и на крутых склонах
Использование матрацно-тюфячных габионов	Ликвидация аварий на каналах за счет укрепления откосов; закрепление полотнищ материала на бровках

Применение жидких полимеров	Отсутствие земляных работ; закрепление поверхности и снижение потерь на фильтрацию
Применение ионных стабилизаторов для закрепления грунта	Увеличение прочности грунта

Проведение предлагаемого комплекса мероприятий позволит повысить гидравлическую эффективность и эксплуатационную надежность оросительных каналов в среднем на 20-30 %, увеличить их КПД на 3-5 % и довести до нормативных значений (0,93-0,95 – для земляных русел; 0,95-0,98 – для облицованных каналов).

Кроме того, для повышения КПД, разработаны высоконадежные конструкции противофильтрационных облицовок каналов, которые по своим эксплуатационным качествам превосходят отечественные аналоги: по показателям водонепроницаемости в  $10^2$ - $10^4$  раз, по показателям долговечности в 2-4 раза, а зарубежные аналоги: по водонепроницаемости – в 1,5-2 раза, по долговечности на 10-15 % (таблица 4.4).

Таблица 4.4

**Сравнительные характеристики разработанных конструкций облицовок каналов и существующих отечественных и зарубежных аналогов**

Сравнительные характеристики	Разработанные высоконадежные конструкции п/ф экранов для оросительных каналов	Существующие аналоги		
		Грунтопленочные и бетонопленочные покрытия (компания «Техполимер» – Россия)	Покрытия из геосинтетических материалов (компания «Cagri» – Швейцария)	Покрытия из геосинтетических материалов (компания «NAUE», Германия)
Показатель водонепроницаемости $K'_{обл.}$ , см/с	$10^{-9}$ - $10^{-11}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$5 \cdot 10^{-10}$
Показатель долговечности, Т, лет	75-100	25-50	65-90	50-75

На основании вышеизложенного можно выделить наиболее важные задачи для борьбы с фильтрацией из каналов оросительных систем и повышению их КПД:

- применение противофильтрационных устройств в виде облицовок и экранов, практически исключаящих фильтрацию и позволяющие экономить водные ресурсы до 20-30 %;
- своевременное проведение работ по ремонту и уходу за каналами, и другим оборудованием на оросительных системах и поддержание их в технически исправном состоянии;
- применение жидких полимеров (жидкой резины, закрепителей и ионизаторов поверхности), а также бентонитового жгута для ремонта

бетонных поверхностей и стыковых соединений облицовок.

### **4.3 Применение различных типов облицовок на каналах Узбекистана**

Потери воды на фильтрацию из оросительных каналов достигают значительных размеров. Исследования, проведенные на крупных ирригационных системах России, Индии, Америки, Узбекистана и других стран, показывают, что в среднем потери составляют примерно 50 %, то есть бесполезно теряется около половины забираемой из источника орошения воды.

При больших потерях бесполезно теряется значительное количество воды, которая могла бы быть использована для дальнейшего расширения площади орошаемых земель; увеличиваются затраты на строительство каналов и сооружений; ухудшается мелиоративное состояние земель (орошаемые земли заболачиваются и засоляются); возрастают эксплуатационные затраты (на очистку каналов от наносов, сорной растительности, на оплату электроэнергии при механическом орошении и др.).

В гидромелиоративной практике Узбекистана применяются различные типы облицовок: бетонные, железобетонные, асфальтобетонные, глинобетонные, из полимерных материалов и др.

**Бетонные и железобетонные облицовки.** Эти облицовки получили наибольшее распространение; они эффективны в отношении борьбы с фильтрационными потерями воды и уменьшения потерь энергии вследствие малой шероховатости.

Толщину бетонной облицовки, ее тип, заложение откоса, марку бетона выбирают в соответствии с нормативами и на основании расчетов с учетом воздействий на облицовки. Бетонные облицовки устраивают на прочных и устойчивых (непросадочных)

Общая протяженность магистральных и межхозяйственных каналов Узбекистана составляют 28,4 тыс. км, 66% из них не имеют противофильтрационных покрытий, то есть проходят в земляном русле. Из общей протяженности 155,0 тыс. км хозяйственной и внутрихозяйственной сети, только 18,1 тыс. км или 12,1% проложены в лотковых сетях и 14,4 тыс. км имеют бетонную облицовку, а остальная часть проходит в земляных руслах.

Более того, 12,0 тыс. километров или 44% магистральных и межхозяйственных каналов требуют проведения ремонта и восстановления, 4,5 тыс. км или 16% – реконструкции, а из хозяйственной и внутрихозяйственной сети, находящейся на балансе ассоциаций водопотребителей и фермерских хозяйств 65,2 тыс. км или 42%, требуют ремонта и восстановления, а более 10% – реконструкции.

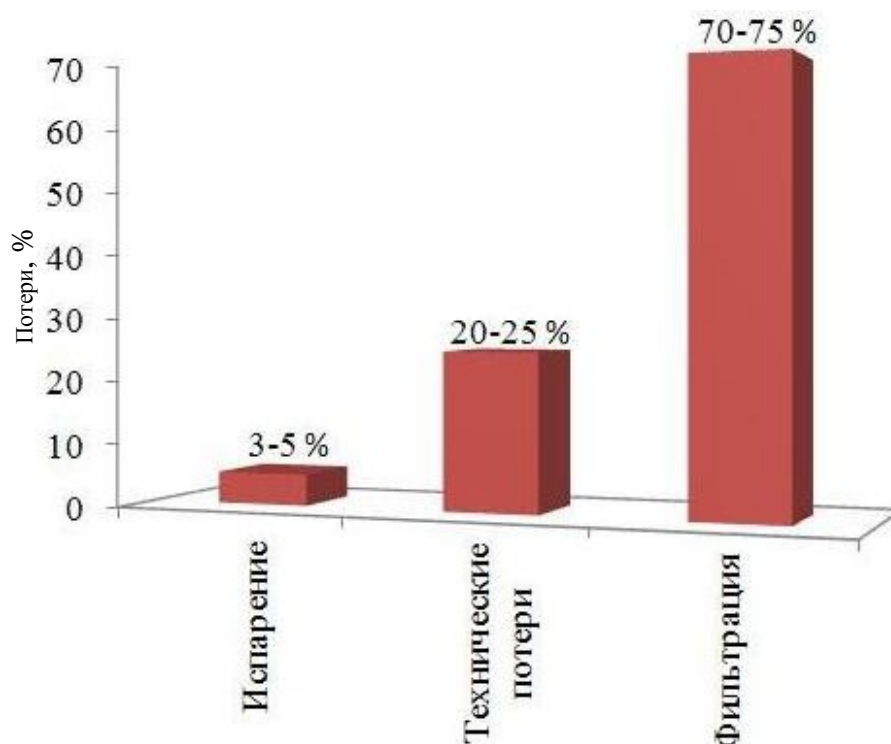
Значительная часть существующей лотковой сети используется более 30 лет практически без технического обслуживания, в связи с чем, техническое состояние 70 % лотковых сетей оценивается как неудовлетворительное, что также требует их реконструкции и замены.



При этом среднее КПД оросительной сети республики составляет 0,63, то есть около 37 % всей воды, транспортируемой от водозабора до орошаемого поля, теряется на фильтрацию из оросительных каналов.

При низких КПД оросительных систем появляется необходимость увеличивать забор воды с водоисточника, а, следовательно, увеличивать размеры каналов и гидротехнических сооружений.

Если общие потери на системе (по данным ФГБНУ «РосНИИПМ» [32]) принять за 100 %, то они распределяются следующим образом (рис. 4.3): потери на фильтрацию – 70-75 %, потери на испарение – 3-5 %, технические потери – 20-25 %.



**Рис. 4.3. Общие потери на оросительной системе**

На оросительной сети общие фильтрационные потери воды распределяются примерно так (рис. 4.4):

- в магистральных каналах (МК), их ветвях, в межхозяйственных распределителях теряется около 30-35 %;
- во внутрихозяйственной оросительной сети (ОС) – от 50-55 %;
- во временных оросителях (ВО) – до 10 % [1].

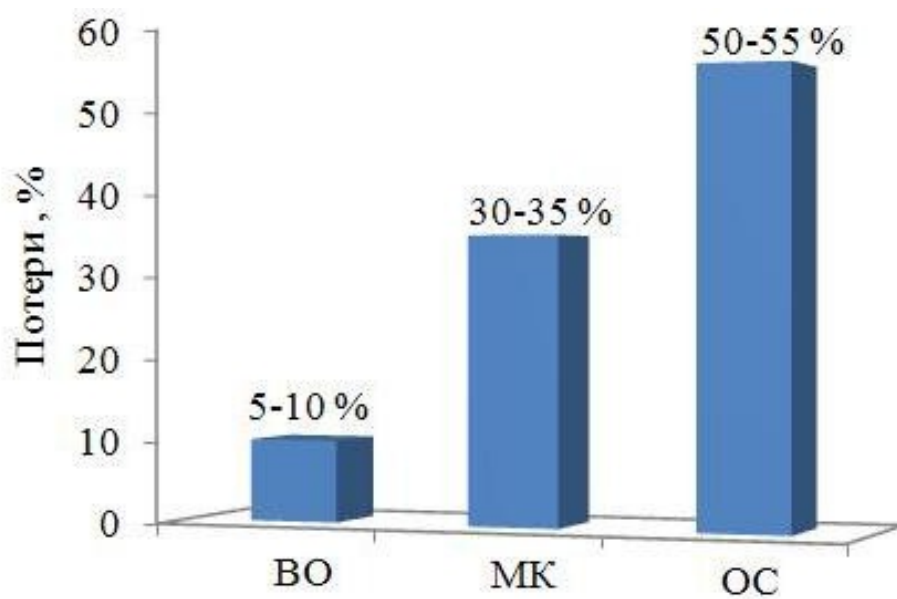


Рис. 4.4. Общие фильтрационные потери на оросительной системе

## **V. Борьба с организационными потерями на гидромелиоративной сети**

Организационные мероприятия борьбы с потерями включают: правильную организацию и проведение внутривладельческих планов водопользования и системных планов водораспределения; рациональное распределение оросительной воды; своевременное проведение работ по ремонту и уходу за каналами, гидротехническими сооружениями и др. оборудованием на системах и поддержание их в технически исправном состоянии; правильную эксплуатацию каналов, недопущение работы их при форсированных уровнях и значительных подпорах.

Борьба с организационными потерями воды включает следующие основные этапы:

- Планирование водопользования (составление планов водораспределения и их корректировка).
- Реализация планов водораспределения.
- Мониторинг и оценка водораспределения.
- Принятие оперативных решений по повышению качества управления водой.

### **5.1 Планирование водопользования**

В задачу планирования водопользования и ее эффективной реализации входят определение забора воды из источника орошения, своевременная подача ее водопользователям/водопотребителям с последующим рациональным распределением по орошаемым участкам и полям, своевременного проведения плановых ремонтных работ и работ по поддержанию оросительной сети и оборудования в технически исправленном состоянии [33].

Поэтому план водопользования — один из основных документов, определяющих взаимоотношения управлений эксплуатации оросительных систем с АВП. Выполнение этого плана обязательно как для водопользователей, так и для управлений эксплуатации оросительных систем.

На управления межхозяйственных оросительных систем возлагают следующие задачи [34]:

- организацию эксплуатации оросительных систем и водохозяйственных сооружений межхозяйственного значения;
- надзор за мелиоративным состоянием орошаемых земель и выполнение необходимых мероприятий по предотвращению их засоления и заболачивания;
- организацию рационального водопользования на оросительных системах межхозяйственного значения, своевременную и бесперебойную подачу

воды водопотребителям согласно утвержденному плану системы водопользования;

- организацию и проведение ремонтных работ оросительных каналов и сооружений на них, очистку каналов от наносов и растительности, борьбу с потерями воды в каналах;
- техническое совершенствование оросительных систем и водохозяйственных сооружений, повышение технического уровня эксплуатации, внедрение достижений науки, техники и передового опыта;
- оказание водопотребителям технической помощи в эксплуатации внутрихозяйственной оросительной сети и гидротехнических сооружений, разработку мероприятий по совершенствованию способов и техники полива и их внедрение в производство;
- проведение производственных исследований — изучение показателей работы системы и выявление резервов перспективного развития системы на основе усовершенствования устройств и улучшения эксплуатации.

Задачи внутрихозяйственной службы эксплуатации следующие:

- составление внутрихозяйственных планов водопользования: получение воды в точках выдела, эффективное распределение ее между водопотребителями, контроль хода поливов, ведение учета политых земель;
- содержание в рабочем состоянии каналов и сооружений. проведение ремонта сооружений, очистка каналов от наносов и зарастания, поддержание в рабочем состоянии машин и устройств для поливов переустройство и дооборудование каналов и сооружений, улучшение мелиоративного состояния земель, внедрение новой техники полива, учет воды;
- производственные исследования по орошению и улучшению мелиоративного состояния земель.

При планировании водопользования должен быть соблюдены следующие основные принципы [33, 34]

**1. Принцип плановости.** Предусматривает определенную иерархию в планировании водопользования. Основное звено в планировании – хозяйство, и поэтому на данном уровне составляют внутрихозяйственные планы водопользования. На основании этих планов формируют системные планы водораспределения.

**2. Принцип поэтапности.** Планируют водопользование последовательно, снизу вверх, исходя из оптимальной потребности с/х культур в оросительной воде, в полной увязке с прогрессивной технологией их возделывания.

**3. Принцип лимитности.** Установление лимитов забора оросительной воды как в систему, так и отдельным хозяйствам обуславливается водоносностью источника орошения, конструктивными способностями головных

сооружений системы, межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сетей и сооружений на них, мелиоративным состоянием орошаемых земель и степенью их засоления, наличием дренажа.

**4. Принцип оптимальности.** Методология данного подхода позволяет получить максимальную продукцию при создавшихся ограничениях на отдельные виды ресурсов. Этого достигают выполнением всех технологических процессов в оптимальном режиме – распределение воды по оросительной сети, проведение поливов и необходимых агротехнических мероприятий и т.д., что обеспечивает своевременное маневрирование водными и трудовыми ресурсами, техникой с целью получения максимального экономического эффекта для данных конкретных условий.

**5. Принцип непрерывности подачи воды крупным хозяйствам и очередности водоподачи мелким хозяйствам.** Он предусматривает кругло-суточную подачу воды большим расходом для крупных хозяйств и поочередную мелким (фермерским) хозяйствам площадью менее 100-200 га, для которых вводят двух-четырёхтактный водооборот, что позволяет эффективно использовать оросительную воду.

**6. Принцип комплексности планов.** Заключается в том, что планы водопользования должны включать не только забор и рациональное распределение и использование оросительной воды, но и планы ремонтных и восстановительных работ каналов, сооружений, средств водоучета, систем автоматики и телемеханики, вспомогательного оборудования; обеспеченность мелиоративной техникой и инвентарем; сбалансированность по трудовым ресурсам; расчет экономических показателей и эффективности водопользования в целом.

**7. Нормативная база.** При планировании водопользования обязательно используют нормативные документы, разработанные специальными научно-исследовательскими и проектными институтами. Это относится к дифференцированным режимам орошения с/х культур, ремонтным работам всех видов, различным машинам и механизмам, системам водоизмерения, автоматики и телемеханики, а также трудовым ресурсам с обязательным обеспечением нормальных производственных и бытовых условий их деятельности.

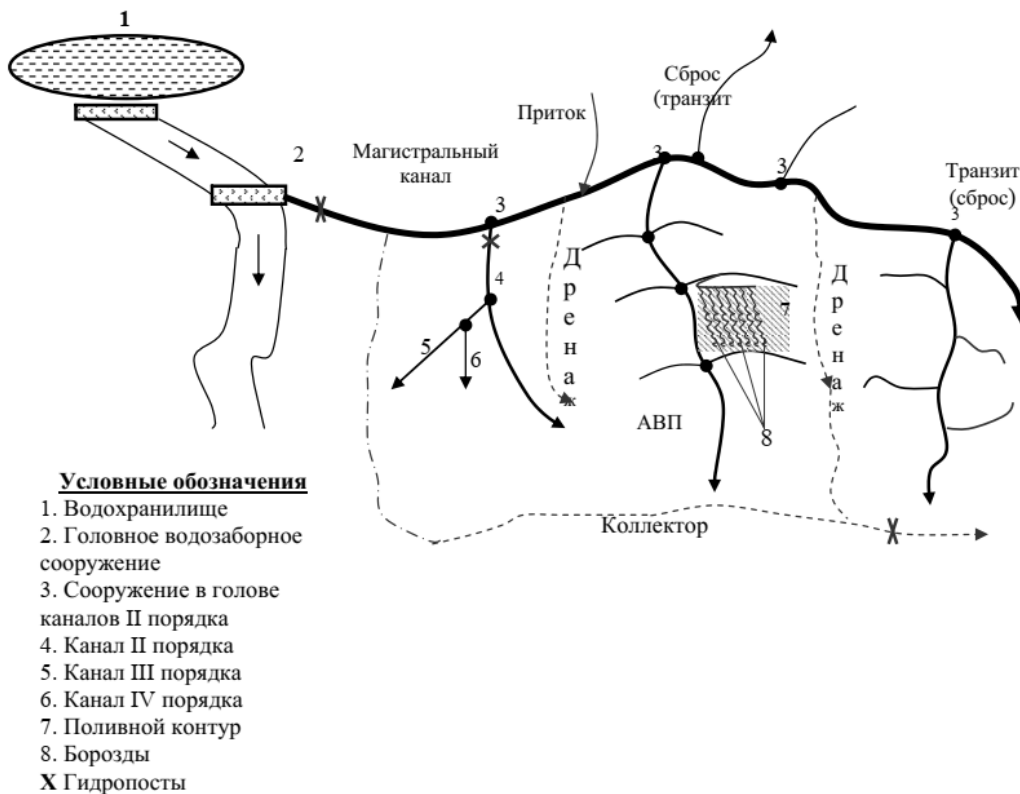
**8. Научно-технические достижения.** Обеспечивается внедрение научно-технических достижений в практику эксплуатации оросительных систем, использование экономико-математических методов, методов системного анализа, электронно-вычислительных машин при планировании и оперативном управлении технологическими процессами на системе.

Внутрихозяйственный план водопользования АВП – один из основных документов, определяющих взаимоотношения водопотребителя с АВП. Составляет его инженер-гидротехник АВП, увязывая с агротехническими особенностями выращивания с/х культур, наличием машинного парка и трудовых ресурсов. Затем план водопользования направляют на согласование в соответствующие административные органы района и управление оросительной системы. После утверждения в административных органах района его передают для исполнения до начала вегетационного периода.

Внутрихозяйственный план водопользования включает планы: подачи воды в хозяйство; распределения оросительной воды по внутрихозяйственной сети; полива и эксплуатационных мероприятий.

Подготовка к проведению поливов. Все работы, предусмотренные календарным планом эксплуатационных мероприятий по хозяйству, должны быть выполнены своевременно и в необходимых объемах: внутрихозяйственная, оросительная и коллекторно-дренажная сети, гидротехнические сооружения должны быть отремонтированы и подготовлены к пуску воды в каналы, водомерные устройства установлены и подготовлены к работе; мелиоративная техника, необходимое оборудование и инвентарь подготовлены к эксплуатации.

План забора воды в систему (рис 5.1) составляют, начиная с анализа имеющихся орошаемых земель и их планируемого использования в хозяйствах и административных районах [35], по специальной формуле для хозяйств, вододелительных узлов, сельскохозяйственных культур и административных районов с определением по декадам вегетационного и осенне-зимнего периодов и нарастающим итогом физической площади полива, гектарополивов, водопотребления (нетто, брутто), а также среднедекадного расхода воды на орошение (нетто, брутто), которую забирают из водоисточника.



**Рис. 5.1** Схема гидромелиоративной сети

## **5.2 Реализация планов водораспределения**

### **5.2.1 Эксплуатационная гидрометрия и учет воды**

Учет воды на гидромелиоративных системах необходим для технической грамотной реализации планов водопользования и водораспределения. Систематический и точный учет воды на системах – одно из главных условий ее экономного использования.

Типы и конструкции водомерных устройств выбирают в зависимости от условий их применимости, типа водовода, размеров и формы поперечного сечения водовода, расхода и скорости воды, наличия в воде наносов и плавающего мусора [36].

На открытых каналах и сооружениях с расходом воды более 10 м<sup>3</sup>/с применяют в основном градуированные каналы и градуированные гидротехнические сооружения. Градуированный канал представляет собой прямолинейный облицованный бетоном, плитами и другим материалом участок канала с гидрометрическим мостиком или другим средством переправы и уровнемером для определения глубины воды в канале.

На открытых каналах и сооружениях с расходом воды 1-10 м<sup>3</sup>/с применяют: гидрометрические пороги, гидрометрические лотки, насадки и приставки, со стандартным профилем продольного сечения водосливного гребня (трапецеидальным, прямоугольным или треугольным). Для измерений уровня воды применяют уровнемеры, устанавливаемые в успокоительном колодце.

На каналах и сооружениях с расходами воды до 1 м<sup>3</sup>/с применяют водосливы с тонкой стенкой, гидрометрические пороги и лотки, насадки и приставки, градуированные каналы и сооружения. Водосливы с тонкой стенкой представляют собой перегораживающие подпорные стенки с вырезанной в них острой водосливной кромкой стандартной формы – треугольной, трапецеидальной, прямоугольной.

На трубопроводах устанавливают ультразвуковые и электромагнитные расходомеры, позволяющий автоматизировать регулирование подачи воды и телеизмерение расхода.

Организацией и проведение учета воды на гидромелиоративных системах занимается гидрометрическая служба, которая состоит из гидрометристов, наблюдателей гидрометрических постов, регулировщиков сооружений и техников по ремонту водомерных устройств.

### **5.2.2 Служба эксплуатации оросительных систем**

Основными производственными единицами межхозяйственной оросительной сети являются эксплуатационные участки. Штат линейного аппарата участка зависит от объема, стоимости и сложности выполняемых работ. Так, на крупных системах в его состав входят участковый гидротехник (начальник

участка), техник, гидрометр, гидротехник крупных сооружений, водный объездчик, водный наблюдатель, обслуживающий персонал (шоферы, сторожа, уборщицы и др.).

Нормы нагрузки линейного персонала эксплуатационных участков межхозяйственной оросительной сети следующие [37]:

- участковый гидротехник — обслуживает участок оросительной системы не менее 3000 га, или 25 км каналов, или 30 км дамб;
- гидрометр — не менее 3000 га;
- водный надзиратель в районах рисосеяния, хлопководства и возделывания других технических культур — 100 га и в районах орошения зерновых — 200 га, или 10 – 12 км каналов;
- наблюдатель-гидрометр — 8 – 10 гидрометрических постов при близком расположении их между собой и 5 – 6 при значительном удалении один от другого;
- регулировщик сооружения — одно сооружение с пропускной способностью более 5 м<sup>3</sup>/с и 3 – 5 — с пропускной способностью каждого менее 5 м<sup>3</sup>/с.

Рекомендуемые нормы Министерства водного хозяйства (26.03.1987 г.) , Министерства финансов (26.03.1987г.) и Госагропрома (24.03.1987 г.) Узбекской ССР нагрузки линейного персонала эксплуатационных участков внутрихозяйственной оросительной сети следующие:

- гидротехник — 1 человек обслуживает 500 га орошаемую площадь;
- гидрометр — 1 человек обслуживает 4 гидрометрического поста; не менее 3000 га;
- управляющий гидротехнических сооружений – 1 человек на 15-20 пунктов управления;
- надзиратель канала – 1 человек на 20 км оросительной сети;
- надзиратель КДС – 1 человек на 50 км коллекторно-дренажной сети
- машинист насоса – 1 человек на 2 насосные станции.

В эксплуатационных управлениях выделяют основные функциональные и вспомогательные отделы. Определяют число эксплуатационных участков (отделений) и границы их эксплуатационного обслуживания, число диспетчерских пунктов и их размещение. Штат службы эксплуатации должен соответствовать действующим штатным нормативам. Потребность в эксплуатационном персонале для обслуживания элементов системы (каналов, трубопроводов, сооружений и т.п.) определяется в соответствии с нормами нагрузки на одного работника.

**Гидрометрическая сеть.** Для учета воды создают сеть водомерных гидрометрических постов (таблица 5.1). На гидромелиоративных системах их размещают на источниках орошения около водозаборного сооружения; в голове магистрального канала; на крупных межхозяйственных каналах в местах



вододеления; в точках выдела воды хозяйствам-водопользователям; на сбросных каналах; в устьях дрен и коллекторов [37]:

**Таблица 5.1**

**Классификация водомерных постов**

Виды водомерных постов	Место оборудования постов	Выполняемые функции постов
Опорные	На источниках орошения	Определение и учет водных ресурсов, изучение режима источника
Главные	На магистральных каналах	Учет забора воды в систему, водораспределение
Распределительные	На распределительных межхозяйственных каналах	Учет забора и распределения воды
Хозяйственные	В точках выдела воды хозяйствам	Нормирование и контроль водоподачи в хозяйства, учет воды
Внутрихозяйственные	На распределительной и поливной сети	Водораспределение
Контрольные	На магистральных и распределительных каналах	Наблюдение и контроль за уровнями воды, градуировка измерительных устройств, определение КПД
Сбросные	На сбросных каналах	Учет неиспользованной воды
Дренажные	На коллекторно-дренажной сети	Учет дренажного стока воды
Специальные	На различных каналах	Исследовательские, изыскательские и др работы

Для нормального водоучета на межхозяйственной оросительной сети нужно иметь 6-9 постов в расчете на 1000 га, а на внутрихозяйственной оросительной сети – 10-15 постов. Водомерные посты оборудуют техническими средствами водоучета водомерными устройствами.

Учет воды разделяют на два вида: коммерческий (контрольный) и технологический.

Коммерческий водоучет организуют в точках выдела воды на территорию республики, области, района, хозяйства, а также в точках сброса дренажных, сбросных и избыточных вод. Средства коммерческого водоучета должны быть стационарными, технологического – стационарными или переносными [38].

Технологический водоучет организуют в точках подачи воды и межхозяйственные распределительные каналы, на севооборотные участки, на поля, а на закрытой сети дополнительно – на насосных станциях, в начале участков (распределительных) и полевых (поливных) трубопроводов, на

дождевальных (поливных) машинах и установках, на водозаборных скважинах и скважинах вертикального дренажа.

Точность измерения расхода и объема воды в точках выдела +5%, а в точках сброса +10%.

Средства водоучета должны быть серийными, прошедшими метрологическую аттестацию. Для проведения градуирования и метрологической аттестации средств водоучета на каналах или трубопроводах оборудуют измерительные участки (постоянные или временные) с образцовыми средствами измерений.

Разбивка системы на участки — очень ответственная и сложная задача. В самостоятельные участки принято выделять водозаборное (головное) сооружение, узлы командования, с помощью которых поддерживают уровни и расходы воды в магистральном канале, узлы водораспределения с прилегающими каналами и точками выдела воды в хозяйства, коллекторно-сбросную сеть, вспомогательные устройства, подсобные предприятия и коммунальные фонды.

**Диспетчерский график.** Распределение воды на системе осуществляют на основе диспетчерского графика по прямым указаниям диспетчера. Диспетчерские графики составляют на каждую декаду в соответствии с утвержденным планом водораспределения и наличными водными ресурсами.

В диспетчерском графике устанавливают поступление и распределение воды по узлам оросительной системы, начиная от головной части ее и заканчивая точками выдела водопотребителю. При этом, для каждой декады указывают размер водозабора и порядок распределения воды между районами, эксплуатационными участками и гидротехническими узлами на системе.

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

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

В соответствии с установленным балансом водораспределения дежурный диспетчер дает распоряжение на эксплуатационные участки по вододелению между узлами системы. Распоряжения диспетчера обязательны для всех лиц, ведающих частями или участками системы.

Все дальнейшие операции по водозабору и водораспределению выполняют в соответствии с планом по прямым распоряжениям дежурного диспетчера системы.

### 5.2.3 Оперативное планирование водопользования

Эффективность планового водопользования оценивают системой технико-экономических показателей, которые определяют как для оросительной системы в целом, так и отдельных орошаемых хозяйств и водопользователей и подразделяют на оперативные и итоговые.

Оперативное планирование водопользования осуществляют в течение вегетационного периода на каждую последующую декаду или пентаду, т.к. реальные погодные условия никогда не совпадают с расчетными. Оперативный план учитывает реальный водный баланс каждого поля, конкретное согласование с агротехническими мероприятиями. На основании расчетов устанавливают реальную потребность в воде по каждому полю и формируют заявки на воду, которые передают в управления оросительных систем, что является документом для подачи воды водопользователям [39].

Оперативные показатели позволяют систематически оценивать ход планирования водопользования для суток, декад, месяцев.

Итоговые показатели оценивают эффективность водопользования за год с учетом результатов сельскохозяйственного производства. К оперативным показателям относят физическую площадь полива, гектарополивы, водоподачу на орошение, в том числе в расчете на га, КПД оросительной сети  $\eta$ , коэффициент обеспеченности водой культур  $\eta_{вк}$ , коэффициент использования воды на поле  $\eta_{п}$ , общий коэффициент полезного использования оросительной воды  $\eta_{ос}$ ,  $\eta_{ох}$ .

Итоговые показатели деятельности производственной единицы за год включает: расчетную и фактическую оросительные нормы; себестоимость водоподачи; себестоимость полезно используемой воды; эффективность использования орошаемого гектара; эффективность использования оросительной воды; срок окупаемости основных фондов.

Применение соответствующей системы управления зависит от состояния исходной информации, обеспеченности хозяйств необходимой мелиоративно-технической базой, поставленных целей и задач, наличие необходимой связи.

### 5.3. Мониторинг и оценка водораспределения

Для качественной оценки водораспределения надо располагать достоверной и полной исходной информацией и системой показателей.

Мониторинг водораспределения – это специально организованное систематическое наблюдение за состоянием воды и процесса водораспределения с целью их оценки, контроля и (или) прогноза.

### 5.3.1 Исходная информация для мониторинга и оценки водопользования

Объектами мониторинга водораспределения являются: вода в магистральной системе, МК и ВХК за количеством и уровнем которой организовано регулярное наблюдение, а также процесс распределения воды из магистрального канала, МК и ВХК [40].

Уровни мониторинга (измерений): фермерское хозяйство; АВП; район; область; гидроучасток и магистральный канал, МК и ВХК.

Точки мониторинга (измерений): граница фермерского хозяйства; граница АВП и т.д.; голова отводов разного порядка из МК, МК и ВХК; голова и хвост МК, МК и ВХК; точки притока воды в МК, МК и ВХК ; точки подачи транзитной воды.

Первичная информация по воде: расход (сток) воды на контрольных постах пилотных (магистральных) каналов; расход (сток) воды на отводах из пилотного (магистрального) канала; расход (сток) воды на границе водопользователей.

Частота мониторинга: ежечасно контрольные посты МК; 3 раза в сутки контрольные посты и гидропосты отводов из МК; 4 раза в сутки гидропосты отводов МК, МК и ВХК.

Тип информации по воде в зависимости от ее назначения: фактическая – служит для контроля за водораспределением; плановая – определяет ориентировочный спрос на воду; заявка – уточняет спрос на воду пользователя в зависимости от складывающихся погодных и хозяйственных условий; лимит – результат увязки заявки и лимита водопользователя.

Тип информации по воде в зависимости от пространства: головной водозабор в МК; водоподача из МК; боковой приток; боковой отток воды; концевой отток воды.

Тип информации по воде в зависимости от категории водопотребителя: водоподача на орошение; водоподача на культурно-технические и экологические нужды; протехнужды, коммунальные нужды и т.д.

Тип информации по воде в зависимости от времени: часовая; суточная; декадная; сезонная; годовая.

Единица измерения: расход (л/с, м<sup>3</sup>/с); сток (тыс. м<sup>3</sup>, млн. м<sup>3</sup>).

Информация нормативная: пропускная способность канала; режимы орошения сельхозкультур; климатические и высотные зоны; гидромодульные районы.

Информация по земле: орошаемая площадь сельхозкультур в разрезе отводов, климатических зон, гидромодульных районов, (га); орошаемая площадь повторных и промежуточных сельхозкультур, (га).

Экономическая информация: тарифы на водные услуги МК, МК и ВХК, АВП; Собираемость платы за водные услуги МК, МК и ВХК МК, МК и ВХК МК, МК и ВХК МК, МК и ВХК МК, МК и ВХК, АВП ; другие.

### 5.3.2 Показатели мониторинга водопользования

**Коэффициент водообеспеченности.** Коэффициент водообеспеченности, в зависимости от цели анализа, рассчитывается:

- Для отвода и группы отводов.
- Относительно плана и лимита: факт/план, факт/лимит.
- Для декады и расчетного периода.

Расчетным периодом может быть, в зависимости от номеров декад, входящих в состав периода, любой отрезок времени: год, вегетационный период, вневегетационный период, часть вегетационного или вневегетационного периодов (сезона).

В практике водораспределения используются расчеты «нарастающим итогом», когда показатель определяется для периода, начинающегося с первой декады и заканчивающегося последней декадой расчетного периода.

**Коэффициент суточной и декадной стабильности водоподачи (отвода или группы отводов)** – среднеарифметическое значение коэффициентов суточной и декадной стабильности по отводам. Коэффициент характеризует уровень стабильности расходов воды в течение суток или декады:

- в точке водозабора в ПК (суточная и декадная стабильность головного водозабора в ПК)
- в точках боковых притоков в ПК;
- на контрольных гидростях ПК;
- по отводу (суточная стабильность водоподачи)
- по группе отводов (хозяйство, АВП, ПК и т.д.)

Максимальное значение коэффициента стабильности равно 1.

**Коэффициент равномерности водоподачи** (отвод или группы отводов) является основополагающим принципом водораспределения, вытекающим из принципа социальной справедливости. Критерием оценки справедливости фактического распределения воды между водопользователями является коэффициент равномерности водоподачи. Максимальное значение коэффициента равномерности равно 1. Чем выше коэффициент равномерности, тем справедливее происходит процесс водораспределения из межхозяйственной сети.

**Коэффициент равномерности водоподачи «голова-конец».** Водопотребители, расположенные выше по течению источника орошения, лучше обеспечены водой, чем нижерасположенные. Коэффициент равномерности «голова-конец» отражает справедливость распределения воды по длине канала.

**Коэффициент полезного действия (КПД):** технический, организационный и эксплуатационный КПД

Методы определения потерь разделяют на две группы: первая (гидрометрический и геофизический) основана на измерении скорости течения в отдельных точках живого сечения потока и его площади, вторая (объемный, балансовый) – на непосредственном определении потерь [41–43].

Гидрометрический метод заключается в определении потерь по разности расходов в двух смежных гидрометрических створах в результате замера площади живого сечения и определения средней скорости движения потока. Применяют его для всех каналов межхозяйственной и внутрихозяйственной сетей.

Объемный метод в основном используют для каналов периодического действия и на крупных каналах при наличии перегораживающих сооружений, в период отсутствия забора воды на орошение. Сущность метода заключается в том, что в канале с перегораживающими сооружениями или перемычками отгораживают один или несколько отсеков, которые в последующем заполняют водой.

Балансовый метод определения потерь воды на фильтрацию заключается в подсчете баланса прихода и расхода оросительной воды как на систему в целом, так и на отдельные ее части. Этот метод применим на оросительной системе в целом, а также на отдельных каналах или группах каналов.

**Удельная водоподача/удельный водозабор.** В зависимости от вида исходной информации различают фактическую и плановую удельную водоподачу/водозабор. Наибольшую ценность представляет показатель удельной водоподачи, определенный в разрезе сельхозкультур.

### 5.3.3 Оперативная корректировка планов водопользования

Необходимость отступления от намеченных планов водопользования и водораспределения может возникнуть в следующих случаях:

- Изменении площадей сева и состава культур.
- Отклонении погодных условий от предусмотренных планом среднесезонных метеорологических условий (выпадение обильных осадков, резкое похолодание, появление суховея и гармсилей, усиление ветровой деятельности и др.).
- Резких повышениях или понижениях уровня грунтовых вод.
- Изменении водоносности источника орошения.
- Авариях на оросительных системах.

Задача сезонной и оперативной корректировки планов водопользования и водораспределения заключается в том, чтобы правильно установить лимиты

водопользователям/водотребителям с учетом имеющихся водных ресурсов и заявок водопотребителей.

При изменениях водоносности источника орошения или в случае аварий на системе водоподачу регулируют по специальным указаниям, установленным для системы органами, утверждающими планы водораспределения.

Водопотребители должны быть предупреждены об изменениях водоподачи; они соответственно изменяют свои планы поливов. Если резко уменьшается водоподача, следует разработать специальные мероприятия мобилизационного порядка, дающие возможность наиболее экономно и эффективно использовать воду в хозяйстве.

В случаях вынужденного временного увеличения водоподачи водопотребитель должен принять воду и провести дополнительные поливы таких полей и культур, для которых форсировка не опасна.

Если необходимо временно сократить подачу воды по внутренним причинам, АВП обязана заблаговременно (за 2-3 дня) заявить об этом руководству гидроучастка.

Возможность компенсации воды, не взятой в предыдущий период, путем дополнительной подачи в последующие периоды, устанавливается при оперативной корректировке планов водораспределения с учетом предложения и спроса.

Уточнение посевных площадей по оросительной системе для летнего периода должно быть закончено до 1 июня, а для зимнего периода – до 1 декабря.

При изменении природно-хозяйственных условий планы водопользования и водораспределения подвергаются корректировке. При этом не ирригационные водопотребители (культурно-технические и экологические нужды) имеют приоритет и «урезке», как правило, не подлежат.

В зависимости от времени различают следующие виды корректировок:

- Сезонная.
- Декадная.
- Внутридекадная.

Критерии водораспределения и коэффициенты приоритетности устанавливаются в каждом конкретном случае органами, утверждающими планы водопользования и водораспределения оросительных систем.

Сезонная корректировка лимита на воду проводится по результатам уточненного прогноза о водоносности источника орошения на планируемый период (вегетацию).

Сезонная корректировка спроса на воду проводится после того, как окончательно установлена структура фактически орошаемых площадей сельскохозяйственных водопотребителей (с учетом повторных посевов) (начало лета – июнь).

Изменения плановых площадей сева следует вносить в план только после утверждения их правлением АВП. Они должны рассматриваться как новые задания на орошение.

Если в результате пересчетов новые требования на воду не превышают 5 % первоначального плана, то никаких пересчетов водоподачи не делают.

При больших отклонениях от плана, величины новых расходов воды согласовывают с управлением оросительной системы и вносят на утверждение.

Декадная корректировка. Оперативная корректировка декадного лимита для магистрального канала проводится вышестоящей организацией в зависимости от изменения водоносности источника орошения.

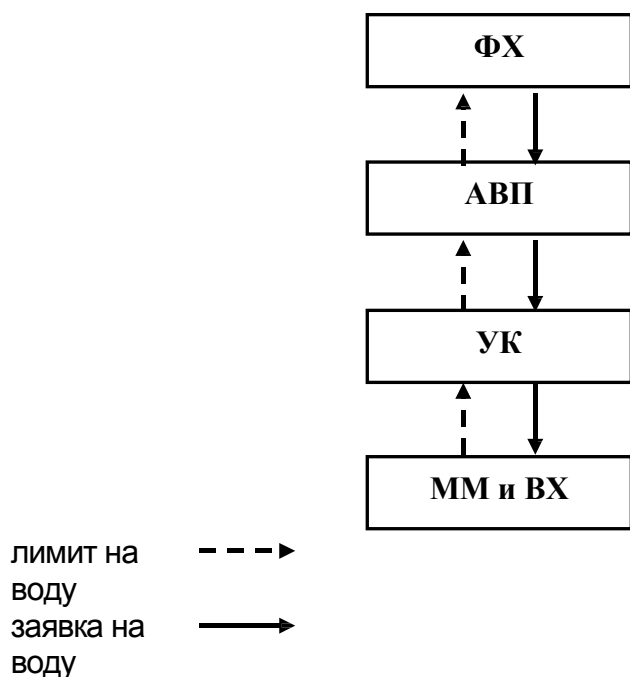
Оперативная корректировка декадного лимита по районам и далее по АВП и другим водопользователям/водопотребителям проводится с учетом декадного лимита для магистрального канала на основе принципа пропорциональности.

Далее, декадный лимит АВП уточняется с учетом фактической водоподачи за период, предшествующий расчетной декаде.

Декадная заявка. Корректировка декадного спроса на воду (рис. 5.2) по АВП проводится на основе заявок от АВП на расчетную декаду. Заявка на воду от АВП формируется на основе декадных заявок фермерских хозяйств и прочих водопотребителей.

Декадная заявка на воду отражает декадный спрос на воду у водопотребителя в зависимости от сложившихся природно-хозяйственных условий.

Декадные заявки от АВП должны поступить в управление межхозяйственных систем не позднее, чем за 3 суток до начал расчетной декады.



**Рис. 5.2.** Схема формирования спроса на воду (заявки) и лимита на воду



Внутридекадная корректировка. В течение декады допускается перераспределение воды между каналами АВП в пределах лимитов, установленных для АВП.

Перераспределение воды между каналами АВП осуществляется с согласия подразделений УК (гидроучастков) на основе вторичных (внутридекадных) заявок.

Внутридекадные заявки на воду от АВП, сформированные на основе заявок на воду от ФХ, подаются на гидроучастки за сутки до изменения режима водоподачи в канал.

Необходимость во внутридекадной корректировке вызывается как природными (дожди, возвратный сток), так и хозяйственными факторами (поля не готовы к поливу, потому что не успели нарезать борозды или были перебои с поставкой удобрений и т.д.).

### **5.3.4 Техническое обслуживание и ремонтно-восстановительные работы**

На каждой гидромелиоративной системе проводят периодические обследования и проверки ее технического состояния. На основе полученных данных обследования и проверки определяются виды и объем технического обслуживания ремонтно-восстановительных работ ГМС АВП и ВХО.

**Техническое обслуживание** – это комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности гидромелиоративной системы и ее элементов. Оно включает комплекс профилактических мероприятий и устранение мелких повреждений и неисправностей по мере их возникновения. Техническое обслуживание проводят постоянно с определенной периодичностью начиная с момента ввода системы в эксплуатацию.

В годовом плане ремонтных работ указывают сроки их проведения и объемы, а также потребность в рабочих, материалах, механизмах и транспортных средствах с учетом действующих норм [44].

Имеются следующие виды РВР:

**Ремонт** – это комплекс операций по восстановлению работоспособности или исправности гидромелиоративной системы и ее элементов.

**Текущий ремонт** – при котором затраты на восстановление объекта составляют до 20 % его балансовой стоимости. Основная цель текущего ремонта – поддержание гидромелиоративной системы в работоспособном состоянии и увеличение срока ее службы.

**Капитальный ремонт** – это ремонт, при котором затраты на восстановление объекта составляют 20-50 % его балансовой стоимости. Основная цель капитального ремонта – ликвидация разрушений и восстановление вышедших из строя крупных элементов гидромелиоративной системы, исправление крупных деформаций каналов. Его проводят через определенные промежутки времени, т.е. с определенной периодичностью, которая для разных элементов системы варьирует от 2 до 20 лет.

**Аварийный ремонт** необходим при повреждениях в результате аварий, паводков и других стихийных бедствий для того, чтобы восстановить работоспособность гидромелиоративной системы.

Надежность работы канала определяется пропуском расчетных расходов воды при проектных скоростях и уровнях без заилиения и зарастания ложа.

#### **5.4. Борьба с организационными потерями в Узбекистане**

Анализ технического состояния гидромелиоративной системы АВП показывает, что АВП, созданные для эффективного управления и распределения воды на уровне внутрихозяйственных сетей, так и не стали устойчивыми структурами самоуправления водопотребителей. В результате неэффективной деятельности ассоциаций водопотребителей ухудшилось техническое состояние внутрихозяйственных оросительных сетей и гидротехнических сооружений в них, не оказаны качественные водохозяйственные услуги фермерским хозяйствам и другим сельскохозяйственным предприятиям, наблюдался рост кредиторской и дебиторской задолженностей ассоциаций.

Технологические проблемы использования водных ресурсов связаны, прежде всего, с устаревшей и изношенной инфраструктурой, а также с медленным внедрением современных систем управления и использования воды. Изношенность оросительных систем и гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в течение десятилетий, высокая энергоемкость и низкая производительность технологического оборудования и конструкций приводят к значительным потерям воды и высоким издержкам ее доставки до потребителей.

Из общей протяженности 155,0 тыс. км хозяйственной и внутрихозяйственной сети, только 18,1 тыс. км или 12,1% проложены в лотковых сетях и 14,4 тыс. км имеют бетонную облицовку, а остальная часть проходит в земляных руслах.

Более того, 12,0 тыс. километров или 44% магистральных и межхозяйственных каналов требуют проведения ремонта и восстановления, 4,5 тыс. км или 16% – реконструкции, а из хозяйственной и внутрихозяйственной сети, находящейся на балансе ассоциаций водопотребителей и фермерских хозяйств 65,2 тыс. км или 42%, требуют ремонта и восстановления, а более 10% – реконструкции.

Значительная часть существующей лотковой сети используется более 30 лет практически без технического обслуживания, в связи с чем, техническое состояние 70 % лотковых сетей оценивается как неудовлетворительное, что также требует их реконструкции и замены.

В такой ситуации 35-40 % забираемых из источников вод с помощью насосных станций или самотеком теряется из оросительных систем (сетей).

Кроме того, основная часть гидротехнических сооружений системы водного хозяйства оценивается как физически изношенная и морально устаревшая. Из существующих крупных 42 гидроузлов (с пропускной

способностью более 100 м<sup>3</sup>/с), 18 требуют замены и модернизации гидромеханического оборудования, 5 гидроузлов нуждаются в полной реконструкции.

Маловодные периоды, участившиеся в последние годы, пришедшая в непригодное состояние основная часть хозяйственной и внутрихозяйственной ирригационной сети приводят к ухудшению состояния орошаемых земель и, как следствие, к их выходу из сельскохозяйственного оборота. Начиная с 1990 года, в целом по стране вышли из сельскохозяйственного оборота более 298,5 тыс. га орошаемых земель. Несмотря на это, учитывая высокую степень зависимости земледелия от ирригации, ситуация может еще больше ухудшиться с увеличением засушливости в случае изменения климата и продолжающегося применения неэффективных методов полива.

Одной из важных причин слабого развития водохозяйственной системы страны является низкий технологический потенциал водохозяйственных организаций (ВХО).

В настоящее время материально-техническую базу всех ВХО системы Министерства водного хозяйства, в том числе районных отделов ирригации, можно оценить, как недостаточно развитую: наблюдается нехватка ирригационно-мелиоративной техники; отмечается крайне слабая оснащенность современным производственным, транспортным, лабораторным, информационно-коммуникационным и офисным оборудованием.

Наиболее слабым звеном остается учёт расходования воды на нижнем уровне, в особенности на границе водопотребителей. На балансе Минводхоза имеются 18 142 единиц гидropостов, из них 9528 единиц или 52,5 % требуют ремонта, 1879 единиц или 10,4 % требуют реконструкции. Также, на внутрихозяйственных оросительных сетях имеются 41 130 единиц гидropостов, из них требуют: ремонта – 17 955 (43 %), реконструкции – 2380 единиц (около 6 %).

Для улучшения технического состояния водохозяйственных объектов и гидротехнических сооружений, уменьшения потерь воды при ее доставке и повышения способности оросительной системы реагировать на меняющиеся потребности культур в воде, а также для улучшения качества ирригационных услуг планируется создать единую информационную систему по водным ресурсам с использованием современных методов ведения учета распределения и потребления воды, сбора и анализа информации об объемах и запасах воды, сбора данных о состоянии водных ресурсов, спросе и предложении на воду.

## Список литературы

- 1 <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-1-2.htm>
- 2 <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-1-3-3.htm>
- 3 <https://cyberpedia.su/11xf33.html>
- 4 <https://agro-archive.ru/hlopkovodstvo/1199-potrebnost-hlopkhatnika-v-vode.html>
- 5 Стулина Г.В. Солодкий Г.Ф. Использование усовершенствованный методики ФАО для оценки водопотребления СХК в процессе орошения Центральной Азии, НИЦ МКВК Ташкент 2020 г. (<http://cawater-info.net/library/rus/stulina-solodky-2020.pdf>)
- 6 [http://cawater-info.net/bk/iwrm/pdf/rec\\_hmr.pdf](http://cawater-info.net/bk/iwrm/pdf/rec_hmr.pdf)
- 7 <https://studfile.net/preview/9566279/page:12/#:~:text=%2B%20Каждому%20виду%20оросительных%20мелиораций%2C%20обеспечить%20растения%20необходимым%20количеством%20воды>
- 8 <https://infopedia.su/5x791f.html>
- 9 [http://www.rusnauka.com/25\\_PNR\\_2012/Agricole/1\\_115936.doc.htm](http://www.rusnauka.com/25_PNR_2012/Agricole/1_115936.doc.htm)
- 10 <https://earthpapers.net/poliv-po-borozdam-s-primeneniem-plenochnogo-perforirovannogo-pokrytiya>
- 11 Калашников А.А., Жарков В.А., Калашников П.А., Байзакова А.Е. Средства малой механизации и техника полива для фермерских хозяйств (рекомендации по применению) - Тараз, 2009.
- 12 <http://mse-online.ru/oroshenie/raspredelitelnye-i-polivnye-truboprovody.html>
- 13 <http://cawater-info.net/bk/4-2-1-4-1-6.htm>
- 14 <https://yandex.uz/search/?text=Важная+особенность+применения+поверхностных+способов+полива+предварительная+подготовка+поверхности+поля%3A+планировка%2>
- 15 [http://water-salt.narod.ru/lekcii\\_sevr\\_2.htm](http://water-salt.narod.ru/lekcii_sevr_2.htm)
- 14 Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. Изд-во «Колос», М., 1978 ([http://www.cawaterinfo.net/bk/water\\_land\\_resources\\_use/russian\\_ver/bibl\\_ispolz\\_vod\\_zem\\_res.html](http://www.cawaterinfo.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/bibl_ispolz_vod_zem_res.html)).
- 15 Павлов Г.Н. Районирование орошаемой территории Узбекистана по рациональным способам орошения. – Ташкент, 1985. – 60 с.
- 16 Дождевальные установки: виды, применение <https://yandex.uz/turbo/fb.ru/s/article/364163/dojdevalnyie-ustanovki-vidyi-primenenie>;
- 17 Строение и конструкция спринклеров <http://www.sprinkler.su/konstrukciyasprinklerov.html>
- 18 Севрюгин В.Х. Морозов А.Н. Анализ опыта применение дождевания в Узбекистане [http://water-salt.narod.ru/analiz\\_or\\_d.htm](http://water-salt.narod.ru/analiz_or_d.htm)
- 19 [http://water-salt.narod.ru/analiz\\_or\\_d.htm](http://water-salt.narod.ru/analiz_or_d.htm)
- 20 <https://staff.tiame.uz/storage/users/43/presentations/bkQpGCt1bPMxTTxDhA161A60BggQ5VUNlrmHmo1R.pdf>
- 21 <http://t25-tractor.ru/news/novosti/sposoby-orosheniya-selskoxozyajstvennyx-kultur.html>
- 22 <https://agrosektor23.ru/kapelnyj-poliv/>

- 23** Хорст М.Г. Икрамов Р.К. Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применению капельного орошения. Сборник научных трудов САНИИРИ по капельному орошению. САНИИРИ. Ташкент 1995г.
- 24** <http://www.cawater-info.net/bk/4-2-1-4-2.htm>
- 25** [http://water-salt.narod.ru/lekcii\\_sev\\_12.htm](http://water-salt.narod.ru/lekcii_sev_12.htm)
- 26** А.Н. Ефремов «Лазерная планировка орошаемых земель». – М.: ООО «Литера Принт», 2016, 52 с.,]
- 27** Батраков Ю.Г. и др. Планировка орошаемых земель. М.: «Колос», 1974.
- 28** Техническая инструкция по планировке земель с использованием лазерного нивелира, Урганч 2012 <http://sgp.uz/userfiles/Lazer%20rus%20low%20resolution.pdf>
- 29** Мероприятия направленные на предотвращение потерь воды в оросительной сети <http://cawater-info.net/books/recom79/pages/78.htm>
- 30** способы уменьшения фильтрационных потерь <https://helpiks.org/8-14542.html>.
- 31** <https://cyberpedia.su/11xf3f.html>
- 32** Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А. В. Ищенко Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск 2 Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортюнова, Новочеркасск. [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_91\\_kosichenko.pdf\\_55f9154bc5.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_91_kosichenko.pdf_55f9154bc5.pdf)
- 33** [https://studfile.net/preview/7750678/page:18/#:~:text=%2В Плановое водопользование – основа,оборудования в технически исправленном состоянии](https://studfile.net/preview/7750678/page:18/#:~:text=%2В%20Плановое%20водопользование%20–%20основа,оборудования%20в%20технически%20исправленном%20состоянии)
- 34** Методические указания по планированию водопользования на оросительных системах на основании данных ретроспективного анализа и сценарных расчетов в зависимости от лет различной влагообеспеченности. Щедрин Вячеслав Николаевич, Штанько Андрей Сергеевич. Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск, [http://cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/met\\_uk\\_plan\\_vodop\\_15.pdf](http://cawater-info.net/bk/improvement-irrigated-agriculture/files/met_uk_plan_vodop_15.pdf)
- 35** Мелиоративные системы и сооружения Эксплуатация Правила эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем. <https://refdb.ru/look/2018989-p2.html>
- 36** <https://rudocs.exdat.com/docs/index-31387.html?page=2>
- 37** <http://www.sprinkler.su/articles/archive1/sluzhba-ekspluatatsii-orositelnih.html>
- 38** <https://uchebana5.ru/cont/1773221-p9.html>
- 39** <https://cyberpedia.su/14xb7aa.html>
- 40** Мирзаев Н.Н., Эргашев И., Саидов Р., Управление водой на ирригационных системах/ руководство для специалистов водного хозяйства.– Ташкент, 2011.–24 с.
- 41** Мирзаев Н.Н., Эргашев И., Саидов Р., Составление и реализация плана водопользования Управление водой на ирригационных системах/ руководство для специалистов водного хозяйства.– Ташкент, 2011.–24 с. <http://cawater-info.net/library/rus/iwrm/iwrm28.pdf>
- 42** Алимджанов А.А., Масумов Р.Р., Пинхасов М.А., Якубов Ш.Х. Руководство по внедрению ИУВР. том 3. Управление водой в АВП/пособия – Ташкент: НИЦ МКВК, 2012. С. 82-86
- 43** Распределения воды, включая оперативную корректировку планов водопользования Н.Н.Мирзаев, А.И.Тучин, А.Алимджанов

<https://docplayer.com/39999494-Raspredelenie-vody-vklyuchaya-operativnuyu-korrektirovku-planov-vodopolzovaniya.html>

**44** Организация службы эксплуатации гидромелиоративных систем

<https://refdb.ru/look/2018989-p3.html>