

**МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«САНИИРИ»  
СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМ. В.Д. ЖУРИНА**

## **СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО КАПЕЛЬНОМУ ОРОШЕНИЮ**

Ташкент — 1995

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНИКЕ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "САНТРИ"

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ ИМ. В. Д. ЖУРИНА

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ  
ПО КАПЕЛЬНОМУ ОРОЩЕНИЮ

Самарканд 1995

В сборнике представлены результаты исследований по конкурсной работе "Разработка комплекса технических средств и технологии возделывания пропашных культур для систем капельного орошения с использованием местных материалов и парка сельскохозяйственных машин и механизмов, обеспечивающих высокий урожай и экономию оросительной воды", выполненных сотрудниками НПО "САНИИРИ", УЗНИИХ и УЗНИИЗР по контракту с ГКНТ РУз в 1993 г.

Редакционная коллегия:

Духовный В.А. (гл. редактор), Якубов Х.И. (зам. гл. редактора), Насонов В.Г., Усманов А.У., Беглов Ф.Ф., Пулатов А.Г., Меркина А.Ш.

© Научно-производственное объединение "САНИИРИ", 1995

## КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ - ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРЕПЯТСТВИЯ

Применение капельного орошения в Узбекистане начато в целях экономии оросительной воды Главсредазирсовхозстроем, Минводхозом республики, САНИИРИ еще в начале 80-х годов в порядке создания опытно-производственных поливных участков. Этот опыт показал возможность значительной (до 50%) экономии водных ресурсов на единицу площади, особенно их эффективность в районах, испытывающих острый дефицит в воде. С 1985 г. началось производственное внедрение данного метода орошения в маловодообеспеченных районах Самаркандской (Хушрабад), Наманганской (Касанский район), Сурхандарьинской (Сары Ассия, горные зоны Шерабада), Джизакской (Заамин) областей, подтвердившее, что в условиях маловодья урожай садов и виноградников можно успешно получать при удельных затратах оросительной воды на гектар 2,700-4,200 м<sup>3</sup>/га в год.

В этих работах наряду с учеными и производственниками САНИИРИ (М.П.Мухтаров, Т.И.Палванов, С.У.Усманов) принимали активное участие ученые НПО имени Шредера (М.М.Мирзаев, Р.Н.Насимов и др.).

Следует отметить, что опыт САНИИРИ по применению КО в остро-засушливых условиях был внедрен в 1986-1987 гг. в Южном Лемене, где в трёх различных природных зонах были созданы хорошо работающие участки КО на цитрусовых и кофейных плантациях на площади около 50 га (В.Г.Лунев, Р.Г.Любар, Т.И.Палванов, Б.Рысбеков).

Израильскую технологию возделывания сельхозкультур на капельном орошении узбекские специалисты начали осваивать с 1969 г. Состоялся обмен делегациями между специалистами Израиля и Узбекистана и усилиями израильской компании "ПластроГват" и САНИИРИ был создан первый участок орошения по израильской технологии в опытном хозяйстве САНИИРИ в Калининском районе Ташкентской области.

В чем главное отличие израильских технологий капельного орошения от наших? Если мы рассматривали КО лишь как средство водосбережения, то израильтяне переход на капельное орошение связывают с коренным изменением всей технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основанном не на периодическом, а на постоянном увлажнении корнеобитаемой зоны в размерах ежедневного водопотребления культур и строго дозированном постепенном внесении необходимых питательных веществ через систему КО.

Такой порядок требует очень высокой надежности работы системы и уровня квалификации земледельцев, работающих на этих системах, а также коренного изменения отношения к орошаемому растениеводству, что позволяет не только сэкономить воду, но и повысить продуктивность земель при намного меньших энергетических и механических затратах общественного труда.

Долгое время, и об этом следует сказать откровенно, в условиях Узбекистана, Казахстана, где мы работали с рядом израильских фирм, не удавалось достичь успеха в получении высоких урожаев. Тому были две причины: с одной стороны, израильские консультанты пытались слепо по трафарету навязать нашим практикам технологию, которая дала прекрасные результаты в условиях Израиля, не учитывая при этом местные природно-климатические, почвенные и хозяйственные особенности. С другой стороны, наши деҳкане и специалисты пытались, ничего не изменяя в отечественной технологии, наложить на неё "особенности капельного орошения". Лишь трехлетний совместный опыт наших ученых с израильскими консультантами и наиболее передовыми специалистами хозяйств помог найти разумное сочетание новой технологии, местных приемов и наших условий. В 1992-1993 гг. в Кашкадарьинской области (совхоз им. А.Хушвахтова) было получено сначала 35, а потом и 42 ц хлопчатника с гектара на площади более 50 га. Наши специалисты совместно с израильскими фирмами "Пластротехнологии" и "Бейт Хашита Кампани" выходят на такие же рубежи с казахскими деҳканами в Чимкентской области. Заканчивается вегетация на первых 100 га капельного орошения, успешно освоенных нами по израильской технологии в Туркмении в окрестностях г. Ашхабада.

Специалисты НПО "САНИИРИ", завершая определенный цикл научно-производственных работ по внедрению КО в Среднеазиатском ре-

гионе, выработали рекомендации по применению систем КО и израильской технологии возделывания сельхозкультур в наших условиях и меры по удешевлению стоимости этого метода. Следует отметить, что многие израильские фирмы стараются попасть на рынок Центральной Азии, но не непосредственно изготовители, такие, как "Наан", "Пластро", "Натафим" - известные во всем мире, а их посредники, которые, стремясь "навариться" на контрактах, предлагают системы стоимостью 4,5-6 тыс. дол./га. Капельное орошение представляется ими как универсальное средство "реконструкции орошаемого земледелия" в регионе.

В связи с этим, ориентируясь на широкое использование систем КО в Средней Азии, необходимо изучить также факторы, его сдерживающие и, одновременно, приоритет, масштабы и этапность его внедрения.

1. В отличие от большинства (5,5 из 7,3 млн. га) орошаемых земель Центральной Азии, орошающихся самотеком при небольших, в основном, уклонах местности (50% менее 0,001), применение капельного, как и других методов локального орошения (микро-дождевание, "сетти" и т.д.) требует создания дополнительных напоров для преодоления потерь напора в трубах и сооружениях, особенно в фильтрах и смесителях удобрений. В условиях современного резкого удорожания электроэнергии и стоимости горючесмазочных материалов дополнительная напорная подача крайне нежелательна, так как в отдельных случаях может привести к неэффективности вообще земледелия на такой основе.

С этой точки зрения перспективными для капельного орошения в Центральной Азии представляются, в первую очередь, зоны машинного водоподъема, где уже имеются значительные затраты на преодоление напора и где переход на капельное и другие методы локального орошения позволяет не только использовать уже созданный напор, но в связи с уменьшением в 1,6-2 раза поливного гидромодуля либо в 2 раза уменьшить затраты электроэнергии на орошение, либо соответственно в 2 раза увеличить площадь машинного орошения.

Характерным примером может служить Тимирязевская оросительная система в Сырдарьинской области, где построен многосотметровый каскад насосных станций и где переход на КО позволяет увеличить площадь орошения вдвое, а эксплуатационные затраты сокра-

тить в 2,5-3 раза.

В первую очередь КО следует рекомендовать в зонах, где источники орошения (горные сая, ключи, самоизливающиеся скважины) расположены в высоких и подгорных долинах, на возвышенных плато и адрах и имеют подкомандные площади. Здесь, используя естественный напор, можно создавать наиболее экономичные и эффективные системы капельного орошения.

2. Капельное орошение очень перспективно при организации полива внутриоазисных барханных включений, коих немало сохранилось в Центральной Фергане и особенно в Хорезме, Бухаре, Кашкадарье, Каракалпакии и даже Сурхандарье. Применявшийся до сего времени метод освоения таких земель основывался на планировке под плоскость, затоплении песчаных площадей в 20-30 га слоем воды и засева сначала кукурузой, затем травами. Однако сам метод, при котором естественно закрепленные барханы и долины разрушались и создавались источники развития ветровой эрозии, является генетически неверным. Капельное орошение позволяет сохранить этот естественно сложившийся рельеф и путём контурного орошения таких земель организовать посадку садов и виноградников, а также ряда огородных и бахчевых культур. В первые годы развития растительного древесного рядового покрова в междурядьях могут высеваться также бахчевые и другие пропашные культуры.

3. Опыт орошения в Израиле минерализованными водами (Р. Керен, Д. Пастернак и др.) показывает, что применение КО на песчаных почвах позволяет успешно орошать пропашные культуры при достаточно высокой минерализации оросительной воды: до 4 г/л — хлопок, 3-3,5 г/л — овощи, до 5 г/л — зерновые и т.д. При направленном управлении водным режимом и создании вокруг корневой зоны сфер, постоянно увлажняемых в пределах 65-95% НВ, осмотическое давление практически сводится к нулю и растения используют воду с предельно допустимым содержанием солей в почвенном растворе. Постоянное же увлажнение (полив ежедневно в размере суточной эвапотранспирации) позволяет оттеснять соли на периферию увлажненного контура, где обмен солей между увлажненной и неувлажненной зонами за счет капиллярного объема уменьшает запасы солей в корнеобитаемой зоне. С другой стороны, избира-

тельная способность (автокорреляционный потенциал) растений способствует концентрации корневой массы в зоне, наиболее благоприятной для её развития. Именно такой подход отражает большие перспективы развития орошения на базе минерализованных коллекторно-дренажных вод в условиях песчаных массивов, окружающих орошаемые земли, и вдоль трактов сброса коллекторно-дренажных вод (Правобережный коллектор, коллекторы Приаралья и т.д.).

Результаты работ М.Г.Хорста, Р.Икрамова, И.А.Закса, опубликованные в данном сборнике, дают в руки проектировщиков и практиков инструменты по поиску наиболее эффективных зон перспективного и первоочередного развития КО.

Второй аспект – необходимость удешевления систем КО. Разработка и изготовление в НПО "САНИИРИ" значительной части диапазона труб, нужных для строительства систем КО – полиэтиленовых (ПЭ) диаметром 16, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 75, 90 мм и поливинилхлоридных (ПВХ) диаметром 90 и 100 мм, – а также большого количества фитингов и соединительных деталей, равно как и конструкций фильтров грубой очистки, позволяет комплектовать системы наполовину из отечественных деталей, прибегая в остальном и комплектации с помощью израильских фирм (в основном, капельницы, гидроавтоматика, запорная арматура). Однако мощности этого производства пока невелики – на уровне 5 тыс.га в год. Поэтому задача состоит как в оснащении дополнительными экструзионными линиями для производства труб ПВХ и ПЭ, так и в приобретении пресформ и освоении производства капельниц, водоизмерительной и гидравлической аппаратуры.

Проведены переговоры с израильской фирмой "ТАЛГИЛ" о совместном производстве компьютерных устройств для систем КО. Необходимо также приобрести оборудование для антикоррозийной защиты фильтров и других поставляемых деталей.

Существенное снижение доли затрат на строительство систем может дать оптимизация параметров сети. Определенную помощь здесь может оказать использование оптимизационных моделей, разработанных Б.Г.Маллаевым, Т.И.Палвановым и др.

Конкуренцию КО в определенных условиях (однородный уклон в направлении полива 0,004–0,02 м/м, почвогрунты повышенной, средней и пониженной водопроницаемости, обеспеченность напорами в са-

мотечной оросительной сети 0,7-1,3 м) может представлять высокочастотное орошение пропашных сельхозкультур с дискретным регулированием водоподачи в короткие (60-160 м) борозды по предложенной нами совместно с М.Г.Хорстом и И.Д.Денисовым методологии (регистрационный номер заявки на получение предварительного патента - I НДР 9400838.1 от 23.09.94).

Ныне стоимость маркетинговых систем КО, выполненных нашим СП "Санипласт" (Р.Г.Любар и др.), составляет: для виноградников и садов 1500-2200 дол. за га; пропашных культур - до 2700 дол., включая стоимость поставки, строительства, пуска-наладки и годовичного использования.

В вопросах удешевления СКО немаловажную роль играет создание собственной базы по производству полиэтилена в республике.

К сожалению, в настоящее время ПЭ и ПВХ приходится закупать у российских заводов по ценам, зачастую превышающим мировые. При этом республика располагает собственными свободными ресурсами газа Шуртанского месторождения (в объёме около 6 км<sup>3</sup>/год), который является отличным сырьём для производства этана, полиэтилена и полипропилена. Разработка данного месторождения позволила бы получать бесперебойно дешёвое местное сырьё. Подготовлено технико-экономическое обоснование промышленного производства 200 тыс.т в год полиэтилена и 70 тыс.т. полипропилена стоимостью 600 млн.дол. Представляется, что этот объект должен стать первоочередным в ряду нефтехимических комплексов республики наряду с Караулбазарским НХК по переработке нефти.

Как мы уже указывали, получение экономии воды при КО не представляет значительной проблемы, и это видно из всех приведенных в данном сборнике результатов НИР. Что касается вопроса повышения продуктивности земли и воды при КО, то необходимо иметь в виду, что КО требует перехода на новую систему возделывания и обработки. В чем её основная суть?

Тщательная подготовка поля (рыхление, пахота, чизелевание, измельчение, поделка гряд и гребней) и создание исходного благоприятного фона по обеспеченности не только питательными (МРК), но и микроэлементами;

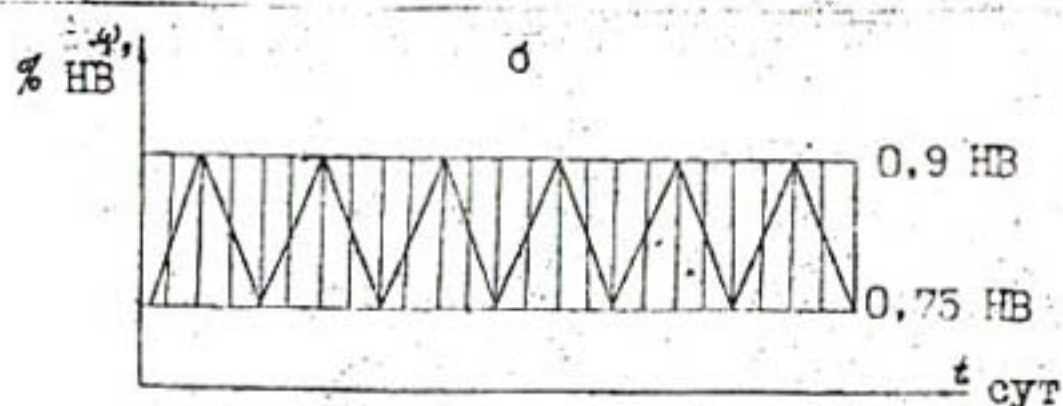
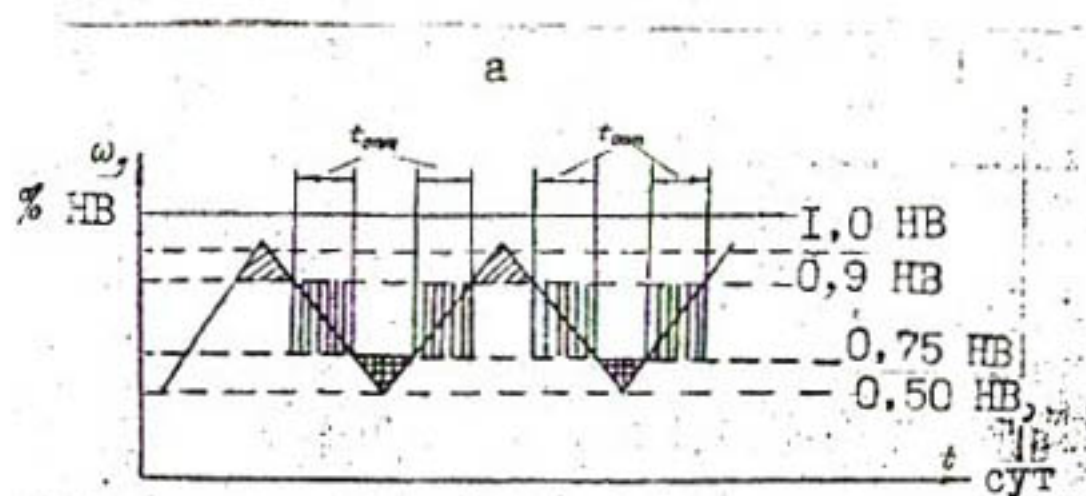
- научно обоснованное назначение сроков сева и подготовка к посеву семян высшего качества. При ранних заморозках капельное

орошение рекомендуется сопровождать защитным мульчированием пленкой полос над посевом, что одновременно будет способствовать повышению температуры почвы, сохранению влаги и борьбе с сорняками; сев обязательно должен производиться в хорошо увлажненную осадками или влагозарядковым поливом почву;

– капельное орошение позволяет в корне изменить влажностно-воздушный режим почвы. В условиях бороздкового орошения или полива затоплением с межполивным периодом 10–25 суток растения лишь небольшой промежуток времени находятся в условиях оптимального увлажнения (75–95% НВ) и устойчивой аэрации почвы.

Остальное время они либо переувлажнены при недостатке аэрации почвы, либо недоувлажнены при её избытке (рисунок). И в том, и в другом случае развитие растений притормаживается. Капельное орошение с поливом через междурядье и постоянным поддержанием влаги на уровне 75–90% НВ в увлажненном междурядье избавляет растение от водных и температурных стрессов и позволяет ему равномерно и устойчиво развиваться. Но в этих случаях необходимо усиленно контролировать развитие листьев, стеблей, плодородных элементов, режим их минерального питания через систему (удобрения должны быть растворимыми), а также проводить профилактические меры по борьбе с вредителями, ибо отдельные вредители в условиях КО развиваются более интенсивно. С другой стороны, такой тщательный, с минимальными межполивными интервалами полив требует четкого поддержания в рабочем состоянии всей сети и её качественной работоспособности в сочетании с высокой дисциплиной всех участников агротехнических работ – от поливальщиков до руководителей бригад или отделения. Всё это позволяет не только повысить урожай (по хлопку-сырцу, например, до 6 т/га), но и отказаться от столь дорогих в наше время междурядных обработок, а также сэкономить значительное количество удобрений, вносимых непосредственно в корнеобитаемую зону.

К сожалению, даже научные организации не всегда могут усвоить необходимость постоянного увлажнения. В приведенной в данном сборнике статье СОДЗНИХИ (Безбородова и Камилова) межполивной период составляет даже в оптимальном (4-м) варианте 10–25 дней вместо 3–6 по рекомендуемой технологии.



Сопоставление увлажненности корнеобитаемой зоны при: а - традиционных (бороздковый или напуском) поливах; б - при КО (высокочастотный режим увлажнения).

Хочется подчеркнуть особую эффективность СКО при возделывании высокоурожайных культур (например, картофель, арахис). Следует провести специальные исследования по подбору сортов и культур, особо отзывчивых на КО, а также с использованием зарубежного опыта создать отечественную технологию возделывания их на капельном орошении.

Итак, накопленный в республике опыт проектирования, строительства и эксплуатации СКО позволяет уверенно сказать, что с помощью капельного орошения в зонах, потенциально пригодных для его применения можно снизить удельные затраты воды на поле (нетто) с 6,0-9,0 до 2,7-4,2 тыс. м<sup>3</sup>/га, а расход удобрений (за счет подачи их в растворенном виде) сократить на 35-40%; отказаться от междурядных обработок посевов в процессе полива, а также применять совершенную технологию возделывания сельхозкультур, которая создаст базу для увеличения урожайности на 30-50%. В то же время системы капельного орошения требуют создания дополнительных напоров, дополнительных затрат электроэнергии, более высокого уровня эксплуатации, предусматривающего очень четкое выполнение всех технологических операций, и, следовательно, тщательную подготовку кадров для возделывания сельхозкультур на фоне капельного орошения.

Намечаемые в республике под возделывание сельхозкультур на фоне систем КО площади оцениваются более, чем в 350 тыс. га. Ориентируясь на это, а также учитывая высокое социально-экономическое значение развития орошения, особенно в густонаселенных районах, необходимо наращивать площади капельного орошения. Такое решение (в 1995 г. - 19 тыс. га, в 1996 г. - 20 тыс. га) принято Президентом И.Каримовым по инициативе Минводхоза республики. При этом собственная база Минводхоза позволит ежегодно вводить в эксплуатацию с частичным импортом израильских капельниц и гидроавтоматики около 5 тыс. га/год со средней стоимостью в пределах 2 тыс. дол./га. Для этого необходимо обеспечить ритмичную поставку полиэтиленового и полихлорвинилового сырья в количестве соответственно 3 и 1,5 тыс. т/год для производства труб и деталей на заводах Минводхоза.

Для обеспечения второй части программы (около 12-15 тыс. га/год) в 1995-1996 гг. потребуются закупка систем под контролем и при участии Минводхоза на сумму около 30-50 млн. дол.

Одновременно целесообразно срочно закупить оборудование для изготовления систем капельного орошения на наших заводах мощностью 10-12 тыс. га/год с соответствующим обеспечением их полимерными материалами, что позволит почти в 2 раза снизить стоимость орошения земель.

Дальнейшее развитие систем капельного орошения в Республике требует решения следующих задач:

создание местной индустрии по производству полиэтилена на базе Шуртанского месторождения газа объёмом сначала 100, затем 200 тыс. т в год (около 300 млн. дол.);

производство гидроавтоматики и водомерных устройств для оснащения систем капельного орошения (около 45 млн. дол.);

постоянная подготовка и переподготовка кадров сельскохозяйственных и водохозяйственных работников, связанных с эксплуатацией систем капельного орошения и освоением передовых технологий орошаемого земледелия на них.

М.Г.Хорст

Р.К.Икрамов, к.т.н.

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЙОНИРОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ  
ЗЕМЕЛЬ УЗБЕКИСТАНА ПО ПРИМЕЖНОСТИ  
КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Системы капельного орошения по многим своим показателям приближаются к "идеальному" типу техники орошения, так как наиболее полно соответствуют требованиям сельскохозяйственного производства. Основным и наиболее важным преимуществом капельного орошения является обеспечение малоинтенсивного и длительного положительного воздействия на растение и почву за счет снижения водоподачи и приближения её величины к интенсивности водопотребления.

Капельное орошение сельхозкультур получило развитие в Узбекистане с середины 70-х годов. В первые годы капельным способом орошались в основном сады и виноградники на склоновых землях со сложным рельефом. В последние несколько лет ареал распространения капельного орошения стал расширяться, появились крупные оросительные системы, на которых капельным способом орошаются пропашные сельхозкультуры. Однако необходимо считаться с тем, что системы капельного орошения, такие как и дождевые — наиболее капиталоемкие и энергоемкие. Этот способ лишен универсальности применения, присущей поверхностным способам полива, так как фактически не применим на землях, в той или иной степени засоленных или склонных к засолению. Он предъявляет повышенные требования к качеству оросительной воды как по минерализации <sup>ж)</sup>, так и по содержанию в ней взвеси

---

ж) Отечественный опыт использования минерализованных вод при капельном орошении пока отсутствует, в этом направлении впечатляющих результатов достигли исследователи из Израиля, использующие специальные режимы водоподачи в совокупности с соответствующим подбором солеустойчивых сельхозкультур.

минеральных и органических веществ.

Все это свидетельствует о необходимости разработки принципов районирования орошаемых земель с позиций оценки применимости на них режимов капельного орошения и создания самого районирования.

#### Основные условия применимости капельного орошения

В первую очередь техническая применимость любого и, в частности, капельного способа орошения определяется группой природных факторов. К основным из них относятся: климатические, почвенно-мелиоративные, геоморфологические, агробиологические и водные. Оценка условий применения капельного орошения по перечисленным факторам, основывающаяся на данных исследований этой технологии полива в Узбекистане, странах СНГ, США, характеризуется табл. I. Как следует из приведенных данных, капельное орошение практически не имеет ограничений в применении по климатическим, почвенным, геоморфологическим, биологическим и водным факторам. Таким образом, основными природными факторами ограничения зон применения этой технологии в условиях Узбекистана выступают гидрогеолого-мелиоративные: глубина залегания уровня минерализованных вод, их минерализация и подверженность почвогрунтов процессам засоления.

#### Место капельного орошения в мелиоративном районировании территорий

Капельное орошение сельхозкультур является одним из способов искусственного орошения, в связи с чем его необходимо рассматривать как одну из составляющих общего комплекса мелиоративных мероприятий. Исходя из этого, при разработке районирования капельного орошения справедливо принять во внимание основные положения мелиоративного районирования орошаемых территорий (А.А.Рачинский, Х.И.Акубов, Г.В.Еременко, А.П.Вавилов, Х.А.Кадиров [1], [2], В.А.Духовный [3]). Здесь под понятием "комплекс мелиоративных мероприятий" понимается сочетание взаимодействующих оросительных и дренажных устройств, обеспечивающих заданный мелиоративный режим, а под понятием "мелиоративное районирование" — детальное физико-географическое районирование для обоснования этого комплекса на основе конкретных хозяйственно-

Таблица I

Природные факторы, характеризующие условия  
применения капельного орошения

| Группа факторов    | Наименование фактора                                | Диапазон изменения фактора |
|--------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| Климатические      | Дефицит испаряемости, тыс. м <sup>3</sup> /га       | 5-10                       |
| Почвенные          | Установившаяся скорость впитывания, см/час          | 0,3-3                      |
|                    | Глубина почвенной толщи, м                          | 0,4-1,5                    |
| Геоморфологические | Уклоны, м/м                                         | 0-0,2                      |
| Гидрогеологические | Глубина залегания пресных грунтовых вод, м          | ≥ 1,5                      |
|                    | Глубина залегания минерализованных грунтовых вод, м | ≥ 3,0                      |
|                    | Минерализация грунтовых вод, г/л                    | 1-3                        |
| Биологические      | Поливная норма, мм                                  | 3-30                       |
| Водные             | Ордината гидро модуля, л/с-га                       | 0,5-1                      |
|                    | Мутность оросительной воды, мг/л                    | 500-4000 ж)                |

ж) Первая цифра соответствует очистке крупнозернистыми фильтрами, вторая - гидроциклонами.

экономических условий.

Необходимая детализация мелиоративного комплекса определяется стадией районирования. На стадии государственного планирования средств для осуществления комплекса мелиоративных мероприятий районирование ограничивается выделением крупных регионов, инженерно-мелиоративных областей в соответствии с их геоморфологическими структурами.

Принимая во внимание выделенные нами факторы районирования капельного орошения, предпочтение для его применения следует отдать преимущественно горным (включая верхние речные террасы) и предгорным равнинам, средним речным террасам и частично верхним и средним частям аллювиально-пролювиальных конусов выноса и делювиально-пролювиальным равнинам. Перечисленные геоморфологические структуры обеспечены хорошей или удовлетворительной естественной дренированностью достаточным подземным стоком и поверхностным оттоком. Характеризуются они автоморфным типом почвообразовательного процесса. Исходя из этого, территории, входящие в эти структуры, не требуют инженерных мелиораций.

Основанием для выделения инженерно-мелиоративных районов являются гидрогеологические особенности, классифицируемые по Д.М.Кацу [4] пятью типами естественной дренированности.

В соответствии с этой классификацией предпочтительные для капельного орошения инженерно-мелиоративные районы относятся к районам, имеющим интенсивную или хорошую естественную дренированность. Количественные критерии гидрогеолого-мелиоративных показателей этих районов характеризуются естественной дренированностью 2000-5000 м<sup>3</sup>/га в год, устойчивым сохранением уровня грунтовых вод на глубинах 5-10 м (с постепенным уменьшением на орошаемых массивах), минерализацией грунтовых вод 2-3 г/л, отсутствием напорности подземных вод.

Завершающая стадия инженерно-мелиоративного районирования - внутрихозяйственное районирование. На этой стадии уточняются режимы орошения сельскохозяйственных культур, элементы техники полива, агротехнические мероприятия с учетом рельефа, почв и гидрогеологических условий.

## Место капельного орошения в районировании способов и техники полива

Из современных подходов к районированию способов и техники полива в аридной зоне известны описанные в работах С.М.Кривовяза [5], Н.Т.Лактаева [6] и Г.Н.Павлова [7]. Разработаны они в разные годы и, естественно, отражают научно-технический уровень и опыт применения прогрессивных технологий, соответствующие периодам разработки. Не детализируя отдельных положений, предложенных в них подходов, остановимся на основных из них, имеющих непосредственное отношение к предмету районирования — капельному орошению.

Районирование техники полива С.М.Кривовяз рассматривает как составную часть общего хозяйственно-географического районирования. Природным условиям, являющимся основой физико-географического районирования, отводится подчиненная хозяйственным факторам роль. Степень детализации и методы районирования выбираются в зависимости от решаемой хозяйственной задачи. На уровне задач государственного планирования С.М.Кривовяз, аналогично районированию инженерно-мелиоративных комплексов, выделяет хозяйственно-экономические зоны (мелиоративные области) с различной техникой полива. Характеризуя главные показатели природных условий различных регионов, оказывающих влияние на технику орошения, С.М.Кривовяз выделяет пять подзон и районов.

К основным факторам районирования техники полива Н.Т.Лактаев относит водопроницаемость почвогрунтов, средние уклоны поверхности и рельеф местности [6].

Более общая система районирования техники полива предложена Г.Н.Павловым [7] на основе установленной им связи классификации водопроницаемости почвогрунтов и уклонов поверхности, разработанной Н.Т.Лактаевым, с гидромодульным районированием, выполненным институтом "Средазгипроводхлопок" [8]. В соответствии с гидромодульным районированием самостоятельной таксономической единице орошаемой или намечаемой к орошению площади присваиваются четыре индекса, характеризующие: широтно-климатическую зону; зону естественного (без орошения) процесса почвообразования — высотно-поясную зону; гидрогеологические условия — почвенно-мелиоративную область; гидромодульный район (табл.2).

Таблица 2

Связь классификации по водопроницаемости и уклонам (Н.Т.Лактаев) и гидромодульного районирования, выполненного институтом "Средиземноморский" по Г.Н.Павлову с выделением зон, предпочтительных для применения капельного орошения

| Индекс водопро-<br>ницаемости почво-<br>грунтов по Н.Т.Ла-<br>ктаеву | Индекс уклонов (средние уклоны) по Н.Т.Лактаеву |                            |                        |               |                            |                        |               |                            |                        |               |                            |                        |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|---------------|----------------------------|------------------------|
|                                                                      | I (0,05)                                        |                            |                        | II (0,025)    |                            |                        | III (0,0075)  |                            |                        | IV (0,0025)   |                            |                        |
|                                                                      | высот-<br>ная зона                              | почв.<br>мелко-<br>область | гидро-<br>модуль район | высотная зона | почв.<br>мелко-<br>область | гидро-<br>модуль район | высотная зона | почв.<br>мелко-<br>область | гидро-<br>модуль район | высотная зона | почв.<br>мелко-<br>область | гидро-<br>модуль район |
| А<br>(высокая)                                                       | Г                                               | а                          | I                      | в             | а                          | I                      | б             | а                          | I                      | А             | б                          | I                      |
|                                                                      |                                                 |                            |                        | г             | а                          | I                      | б             | а                          | I                      | Б             | б                          | II                     |
| Б<br>(повы-<br>шенная)                                               | Г                                               | а                          | I                      | в             | а                          | I                      | б             | а                          | I                      | А             | б                          | I                      |
|                                                                      |                                                 |                            |                        | г             | а                          | I                      | б             | а                          | I                      | Б             | б                          | II                     |
| В<br>(средняя)                                                       | Г                                               | а                          | II                     | в             | а                          | II                     | б             | а                          | II                     | А             | б                          | I                      |
|                                                                      |                                                 |                            |                        | г             | а                          | II                     | б             | а                          | II                     | Б             | б                          | II                     |
| Г<br>(пони-<br>женная)                                               | Г                                               | а                          | III                    | в             | а                          | III                    | б             | а                          | III                    | А             | б                          | I                      |
|                                                                      |                                                 |                            |                        | г             | а                          | III                    | б             | а                          | III                    | Б             | б                          | II                     |
| Д<br>(низкая)                                                        | Г                                               | а                          | IV                     | в             | а                          | IV                     | б             | а                          | IV                     | А             | б                          | I                      |
|                                                                      |                                                 |                            |                        | г             | а                          | IV                     | б             | а                          | IV                     | Б             | б                          | II                     |

▨ - зоны, требующие оценки альтернативных вариантов орошения /например, высокочастотный полив по коротким бороздам/

▨ - зоны, в которых капельное орошение неприемлемо

Представленная Г.Н.Павловым связь классификации Н.Т.Лактаева и гидромодульного районирования института "Средазгипроводхлопок" хорошо соотносится с задачами районирования на уровнях районов и хозяйств и, применительно к системам капельного орошения, может стать основой для дальнейшей детализации районирования по типам систем капельного орошения и проектируемым режимам орошения, а также для сопоставления альтернативных вариантов.

Как следует из анализа сочетаний, представленных в табл.2, капельное орошение является предпочтительным способом орошения в зонах больших, очень больших и частично средних уклонов, т.е. в тех зонах, где применение других способов орошения сопряжено с эрозийными процессами и большими потерями на глубинную фильтрацию и поверхностный сброс.

#### Принципиальная схема районирования капельного орошения

В соответствии с целями и задачами районирования капельного орошения рекомендуется следующая этапность, отраженная в принципиальной схеме районирования (рисунок).

На первом этапе - в контурах орошаемых и намечаемых к орошению в перспективе земель выделяются крупные таксономические единицы - гидрогеолого-мелиоративные области - с последующей оценкой условий оттока, глубины залегания уровня грунтовых вод и их минерализации.

На втором этапе - устанавливаются критерии основных факторов, ограничивающих гидрогеолого-мелиоративные области применения капельного орошения, исходя из современного технического уровня и имеющегося опыта эксплуатации систем; выделяются контуры с условиями, допускающими использование этого способа орошения.

На третьем этапе - проводится оценка почвогрунтов по водопроницаемости верхнего метрового слоя и уклонам поверхности в соответствии с классификацией Н.Т.Лактаева.

На четвертом этапе - производится уточнение гидромодульных районов в выделенных контурах в соответствии с гидромодульным районированием института "Средазгипроводхлопок".

1-этап Районирование широтно-климат. зон, гидрогеолог.-мелиор. областей, оценка обеспеченности оттока, минерализация и засоленность ГВ (М1:500000)

2-этап Районирование по факторам, ограничивающим применение капельного орошения (КО) (М1:500000)

3-этап Районирование выделенных территорий по водопрооницаемости почвогрунтов и уклону поверхности (М1:200000)

4-этап Выделение гидромодульных районов (М1:200000)

5-этап Районирование по типовым сочетаниям почв.-мелиор. факторов, водопроизв. и уклону с выделением существующих и перспективных оросит. систем (М1:200000)

6-этап Типизация схем КО и альтернативных вариантов, диапазон применимости, оценка по укрупненным тех.-эконом. показателям (М1:100000 - 1:200000)

7-этап Районирование массивов, рекомендуемых для развития систем капельного орошения (М1:50000 - 1:100000)



Рисунок. Принципиальная схема районирования капельного орошения

На пятом этапе - для возможности последующего дополнения районирования рекомендациями по режиму орошения производится типизация контуров по сочетаниям почвенно-мелиоративных факторов, водопроницаемости и уклонов на основе связи (по Г.Н.Павлову) классификации Лактаева Н.Т. и гидромодульного районирования института "Средазгипроводхлопок".

На шестом этапе - для выделенных контуров производится типизация возможных схем капельного орошения и альтернативных вариантов, их оценка по укрупненным технико-экономическим показателям с учетом предпочтительного состава сельхозкультур, дефицита водообеспеченности в конкретном районе, возможности использования на орошение вод, откачиваемых из скважин вертикального дренажа, возможности использования склоновых земель.

На седьмом этапе - проводится районирование капельного орошения на районном и внутрихозяйственном уровнях.

Первый и второй этапы районирования соответствуют задачам республиканского районирования и проектирования на стадии схемных решений. Выполняется оно на картах масштаба 1:500000. Третий и четвертый этапы районирования соответствуют задачам регионального районирования и проектирования на стадии разработки региональных схем использования водных ресурсов. Пятый и шестой этапы районирования служат для уточнения регионального районирования и разработки технико-экономических обоснований и технических проектов. Седьмой этап - завершающий, является основой для рабочего проектирования.

#### Результаты мелкомасштабного районирования капельного орошения

С использованием описанных принципов осуществлено мелкомасштабное районирование орошаемых и намечаемых к орошению в перспективе земель Республики Узбекистан по применимости капельного орошения.

Определенные в рамках этого районирования контуры планиметрировались в пределах административно-хозяйственных районов республики (административно-хозяйственное деление по состоянию на 01.01.1994 г.). Подсчитанные площади уточнялись затем введением

корректирующих коэффициентов, учитывающих фактические для конкретных районов соотношения орошаемых (нетто) и валовых площадей.

Общая площадь земель, потенциально пригодных к применению капельного орошения, составляет в республике 1071200 га, в том числе: 577900 га – в контурах существующего орошения и 493300 га – в контурах земель, намечаемых в соответствии по схемами комплексного использования водных ресурсов к орошению в перспективе.

Наибольшие площади земель, потенциально пригодных к применению капельного орошения, расположены в Самаркандской области – 286200 га, или 27% от общей площади районирования (1071200 га).

Таблица 3

Районирование<sup>\*)</sup> орошаемых и намечаемых к орошению в перспективе земель по применимости капельного орошения по областям Республики Узбекистан

| Наименование областей | Общая площадь районирования, га | В том числе                          |                                       |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                       |                                 | в контуре существующего орошения, га | в контуре перспективного орошения, га |
| Самаркандская         | 286200                          | 148400                               | 137800                                |
| Ферганская            | 173000                          | 53400                                | 119600                                |
| Ташкентская           | 139500                          | 123400                               | 16100                                 |
| Наманганская          | 132200                          | 65900                                | 66300                                 |
| Сурхандарьинская      | 68400                           | 79000                                | 9400                                  |
| Кашкадарьинская       | 84500                           | 19100                                | 65400                                 |
| Андижанская           | 65900                           | 65900                                | —                                     |
| Навоийская            | 57600                           | 5900                                 | 51700                                 |
| Джизакская            | 20400                           | 3400                                 | 17000                                 |
| Бухарская             | 13500                           | 13500                                | —                                     |
| Сырдарьинская         | 10000                           | —                                    | 10000                                 |
| Всего по Узбекистану  | 1071200                         | 577900                               | 493300                                |

\*) Около 80% земель в районируемых контурах предназначено для размещения пропашных культур, около 20% (земли, приуроченные к зонам больших уклонов со сложным рельефом поверхности) – под сады и виноградники.

## Выводы

1. С учетом имеющегося опыта капельного орошения сельхозкультур в Узбекистане, странах СНГ, США установлено, что природными факторами, ограничивающими применение этого способа полива в республике, являются близкое залегание к поверхности земли ( $< 3$  м) минерализованных ( $> 3$  г/л) грунтовых вод и засоленные или склонные к засолению почвы.

2. Капельное орошение является предпочтительным способом орошения в зонах очень больших, больших и частично средних уклонов (по классификации уклонов Н.Т.Лактаева), где другие способы полива могут спровоцировать эрозионные процессы и повышенные потери оросительной воды на глубинную фильтрацию и поверхностный сброс.

3. Рекомендуемая принципиальная схема районирования предусматривает семь этапов, охватывающих диапазон от схемы (уровень государственного планирования) до рабочего проектирования (планирование на уровне отдельных хозяйств).

4. На основе мелкомасштабного районирования (М 1:500000) определено, что общая площадь земель, потенциально пригодных к применению капельного орошения, составляет по Узбекистану 1071,2 тыс.га, из них 577,9 тыс.га в контурах существующего орошения и 493,3 тыс.га в контурах, намечаемых к орошению в перспективе в соответствии со схемами комплексного использования водных ресурсов.

5. Дальнейшее развитие районирования капельного орошения предусматривает детальные, в соответствии с принципиальной схемой, проработки на средне- и крупномасштабной основе, а также рассмотрение и оценку альтернативных вариантов орошения для земель, примыкающих к выделенным при мелкомасштабном районировании контурам.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Краткая инструкция по мелкомасштабному мелиоративному районированию орошаемых территорий / Минводхоз СССР: САНИИРИ, - Ташкент, 1969.

2. Ирригация Узбекистана. - Ташкент, ФАН, 1981. - Т.4.
3. Духовный В.А. Водохозяйственный комплекс в зоне орошения. - М.: Колос, 1984.
4. Кац Д.М. Гидрогеологическое районирование орошаемых земель для бурения скважин вертикального дренажа // Разведка и охрана вод. - 1964. - № 8.
5. Кривовяз С.М. Механизация и районирование техники полива. - Ташкент: Узбекистан, 1966.
6. Лактаев Н.Т. Совершенствование орошения хлопчатника: Автореферат дис.доктора техн.наук. - М., 1980.
7. Павлов Г.Н. Районирование орошаемой территории Узбекистана по рациональным способам орошения. - Ташкент, 1985.
8. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. - Ташкент, 1970.

С.А.Нерозин, к.б.н.  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ  
КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН

В качестве объекта исследования выбрано хлопкосеющее хозяйство (совхоз I2 им. Хутвахтова), имеющее систему капельного орошения израильского производства и почвенно-климатические условия, характерные для большинства совхозов данной зоны.

Территория совхоза относится к поясу светлых серозёмов со слабой степенью засоления почв и относительно невысоким естественным плодородием. Опытный участок площадью 50 га поделен на 20 равных по размерам (2,5 га) поливных участков. Участок оборудован системой капельного орошения, состоящей из лотковой сети, подводящей воду в бассейн-накопитель (который выполняет одновременно роль отстойника), насосной станции, обеспечивающей подачу воды в головную часть системы и ряда магистральных и распределительных трубопроводов, соединенных специальными водовыпусками и соединительными муфтами с поливными шлангами диаметром 16 мм, оснащенными через каждые 70 см капельницами "Katif". Каждый поливной шланг раскладывался при монтаже на поле через междурядье, т.е. через 1,2 м и имел в своей концевой части заглушку.

На поливных участках изучалась эффективность различных режимов орошения, моделируемых в поле с помощью участковых гидрантов по следующей схеме:

| Номер варианта | Режим предполивной влажности |
|----------------|------------------------------|
| 1              | 65-65-60% от ППВ             |
| 2              | 70-70-60% от ППВ             |
| 3              | 75-75-60% от ППВ             |
| 4              | 70-70-60% от ППВ             |
| контроль       | бороздковый полив            |

В качестве контрольного варианта использовалось расположенное рядом с ОПУ поле с традиционным бороздковым поливом.

За основу при расчете разовой поливной нормы нами принята формула, широко используемая израильскими специалистами для капельного орошения:

$$M_{\Pi} = (E_o \cdot T) \cdot A \cdot 10, \quad (1)$$

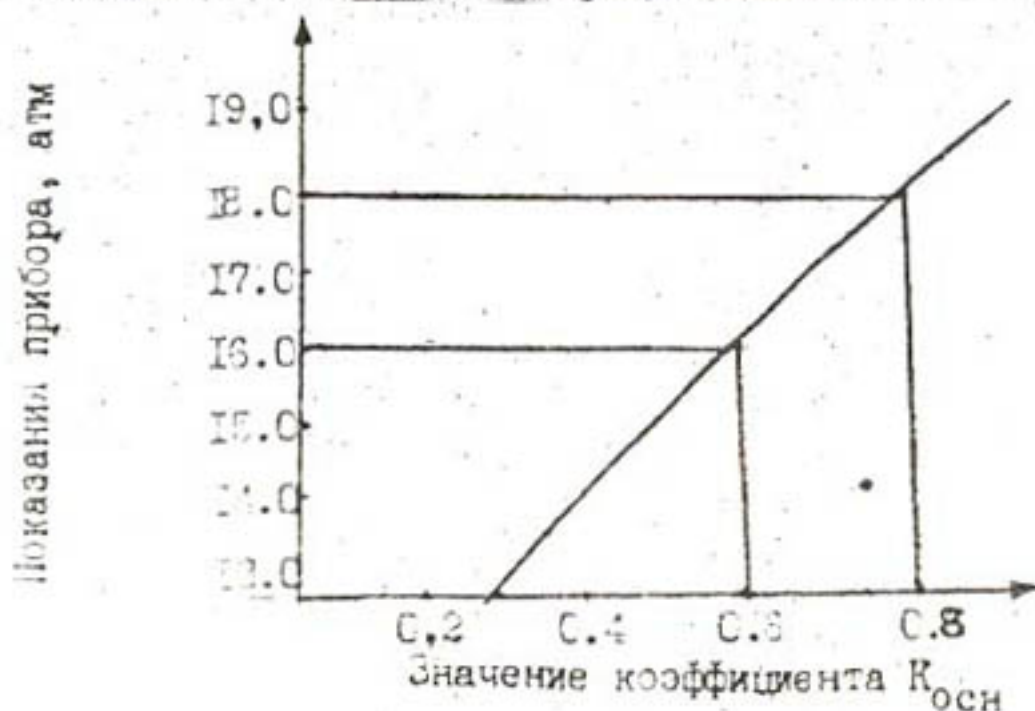
где  $M_{\Pi}$  — разовая поливная норма,  $m^3/га$ ;  
 $E_o$  — среднесуточная испаряемость с открытой водной поверхности за последний межполивной период, мм;  
 $T$  — очередной намечаемый межполивной период, сут;  
 $A$  — синтетический коэффициент, учитывающий физиологическую потребность растения в воде в определенный период его развития.

Коэффициент  $A$ , определенный нами экспериментально, состоит из двух составляющих

$$A = K_{осн} + K_{разв}, \quad (2)$$

где  $K_{осн}$  — основной коэффициент, отражающий обеспеченность листьев влагой;  
 $K_{разв}$  — поправочный коэффициент, отражающий степень развития растения и его архитектуру, влияющую на затенение поверхности почвы и величину транспирации.

$K_{осн}$  определялся нами с помощью специальной барокамеры американского производства "ARLMAA-2", использование которой позволило построить следующий график:



$K_{разв}$  определяли эмпирически, проводя соответствующие наблюдения за ростом и развитием хлопчатника в вегетационный период. Значение этого коэффициента колебалось по мере затенения поверхности посева от 0,0 до 0,10.

Поливная норма для первого вегетационного полива принималась без расчета в пределах 300–350 м<sup>3</sup>/га для создания луковичного профиля увлажнения и влагозапасов, позволяющих обеспечить нормальное развитие растений в начальный период. Нормы двух последних поливов постепенно снижались до 30–60% от расчетных.

Исследования режима орошения проводились (за исключением способа расчета поливной нормы) по методике Н.Т.Лактаева, агрохимические и фенологические наблюдения – по методике СоюзНИХИ; для изучения распространения корневой системы применяли метод отмычки корней целого растения.

Для посева использовался районированный в этой зоне сорт хлопчатника "Юдуз", отличающийся хорошей урожайностью и отзывчивостью на внесение минеральных удобрений. Всего за вегетацию внесено удобрений согласно формуле  $N_{230} P_{160} K_0$ . Все количество фосфорных удобрений внесено в виде суперфосфата под основную пахоту. Азотные удобрения в виде аммиачной селитры вносились с первыми культивациями в количестве 70 кг/га действующего вещества, а после монтажа системы капельного орошения вместе с водой через СКО (10 подкормок общей нормой 160 кг/га). В контрольном варианте норма 160 кг/га была внесена в три предполивные подкормки. Внесение  $NH_4 O_3$  в период поливов через СКО производилось с помощью фертлизатора, через который растворенное в воде азотное удобрение дозированно подавалось в систему и с током воды по трубопроводам и поливным шлангам поступало непосредственно на поле.

Из данных табл. I видно, что поливные нормы колебались от 60 до 160 м<sup>3</sup>/га в зависимости от сроков проведения поливов и вариантов схем, водоподачи. Всего за вегетационный период через СКО проведено по 24 полива в каждом варианте опыта, причем, оросительная норма в варианте I составила 2300, в варианте 2 – 3110 и в варианте 3 – 3430 м<sup>3</sup>/га. Ориентируясь на эти показатели, не следует забывать о том, что на опытном участке после посева проведен вызывной полив по бороздам нормой 1100 м<sup>3</sup>/га.

Таблица I

Нормы полива ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) и увлажняемый слой почвы (см) на участке капельного орошения

| Номер полива | Предполивная влажность, % от ППВ |                        |                        | Увлажняемый слой почвы, см |
|--------------|----------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|
|              | Вариант 1<br>65-55-60%           | Вариант 2<br>70-70-60% | Вариант 3<br>75-75-60% |                            |
| 1            | 250                              | 300                    | 350                    | 0-50                       |
| 2            | 110                              | 120                    | 130                    | 0-50                       |
| 3            | 120                              | 130                    | 140                    | 0-50                       |
| 4            | 130                              | 130                    | 140                    | 0-50                       |
| 5            | 110                              | 120                    | 150                    | 0-60                       |
| 6            | 120                              | 140                    | 150                    | 0-60                       |
| 7            | 120                              | 130                    | 160                    | 0-60                       |
| 8            | 110                              | 130                    | 160                    | 0-60                       |
| 9            | 120                              | 140                    | 150                    | 0-60                       |
| 10           | 120                              | 130                    | 150                    | 0-60                       |
| 11           | 100                              | 130                    | 140                    | 0-60                       |
| 12           | 130                              | 130                    | 140                    | 0-60                       |
| 13           | 120                              | 130                    | 140                    | 0-70                       |
| 14           | 130                              | 130                    | 140                    | 0-70                       |
| 15           | 120                              | 130                    | 140                    | 0-70                       |
| 16           | 120                              | 130                    | 130                    | 0-70                       |
| 17           | 110                              | 130                    | 130                    | 0-70                       |
| 18           | 100                              | 120                    | 130                    | 0-70                       |
| 19           | 110                              | 120                    | 120                    | 0-70                       |
| 20           | 110                              | 110                    | 120                    | 0-70                       |
| 21           | 100                              | 110                    | 120                    | 0-70                       |
| 22           | 100                              | 110                    | 120                    | 0-70                       |
| 23           | 80                               | 90                     | 100                    | 0-70                       |
| 24           | 60                               | 70                     | 80                     | 0-70                       |
| Всего        | 2800                             | 3110                   | 3430                   | 0-50-70                    |

Первый полив через систему капельного орошения начали 2-го июля, закончили поливы через СКО 2 сентября, межполивной период составлял, как правило, 3 дня. В контрольном варианте за вегетационный период проведены 5 поливов по бороздам общей оросительной нормой  $6200 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Для проведения фенологических наблюдений за ростом, развитием и урожайностью хлопчатника нами были заложены наблюдательные площадки размером  $2 \times 2 \text{ м}$  (из расчета 3 площадки на каждый вариант опыта), на которых была сбалансирована густота стояния растений из расчета 100 тысяч растений на гектар. Фенологические наблюдения проводились раз в 7 дней на всех опытных и контрольных площадках.

Как видно из табл. 2 и 3, наибольший урожай ( $43,8 \text{ ц/га}$ ) получен в варианте 70-70-60%; при схеме полива 75-75-60% урожай составил  $42,8 \text{ ц/га}$ , при схеме 65-65-60% -  $40,3$  против  $32,7 \text{ ц/га}$ , полученных в контрольном варианте с поверхностным поливом по бороздам.

Весьма показательны данные по количеству собранного урожая по отдельным сборам, из которых видно, что в несколько переувлажненном варианте опыта (75-75-60%) темпы раскрытия коробочек растянуты по времени и почти половина урожая собрана 2-м и 3-м сбором. В варианте 60-60-60% наблюдается противоположная картина, свидетельствующая, что небольшая подсушка растений приводит к более быстрому вызреванию сформировавшегося урожая, который, однако, несколько уступал другим вариантам опыта, кроме контрольного. Анализ на технологические качества хлопкового волокна не дал существенных различий по вариантам опыта.

Давая общую агротехническую оценку капельному способу орошения хлопчатника в сравнении с традиционным бороздковым поливом, следует отметить:

наличие специфических агротехнических операций, свойственных капельному способу орошения;

снижение количества механизированных междурядных обработок, что способствует поддержанию зоны пахотного горизонта в относительно рыхлом состоянии и обеспечивает лучшие условия для воздушного режима почвы;

система капельного орошения значительно облегчает подачу воды, существенно снижает показатели общих трудозатрат и ручного труда;

поливы через СКО проводятся малыми нормами, что способствует меньшему уплотнению почвы при орошении, исключает потери на фильтрацию и сброс воды в конце поля;

низкие поливные нормы не вызывают стрессовых проявлений в посеве, тогда как грузные нормы бороздкового полива ( $1000 \text{ м}^3/\text{га}$  и более) приводят к нарушению водно-воздушного режима почвы и вызывают опадение сформировавшихся плодоеlementов у растений;

капельное орошение даёт возможность оперативно корректировать степень увлажнения расчетного слоя почвы за счет уменьшения или увеличения нормы очередного полива или же сокращения междуполивного периода в случаях резкого повышения температуры воздуха, засухи (гармсея), а также в других ситуациях, которые при бороздковом орошении приводят, как правило, к сбросу плодоеlementов и значительным потерям в урожае;

полив через междурядья, практикуемый при капельном орошении, способствует поддержанию нормального водно-воздушного режима в зоне развития корневой системы хлопчатника;

СКО повышает эффективность использования удобрений за счет многократного внесения небольших доз растворимых форм удобрений непосредственно в корневую зону растений;

капельное орошение обеспечивает значительную (до 40-50% и более) по сравнению с поверхностным способом полива экономию поливной воды; способствует повышению урожайности хлопчатника за счет оптимизации водно-воздушного и питательного режимов корнесобитаемого слоя почвы.

К недостаткам капельного способа орошения можно отнести: необходимость высокого уровня подготовки специалистов, обслуживающих СКО и его отдельные узлы;

зависимость работоспособности системы от наличия электроэнергии (для электронасосов) или горючего (для дизельных насосов);

постоянный контроль за функционированием системы, оперативная замена неработающих капельниц, профилактические промывки фильтров и трубопроводов от илистых фракций в вегетационный период;

высокую стоимость систем капельного орошения, которая пол-

ностью окупается за 4-5 лет лишь при достижении урожаев хлопка-сырца, равных 40 ц/га и выше.

Несмотря на указанные недостатки и сложности в эксплуатации, следует признать, что положительных сторон и преимуществ у капельного способа по сравнению с бороздковым поливом значительно больше. Об этом свидетельствует и мировой агротехнический опыт таких стран, как США, Израиль, Австралия, которые широко внедряют этот способ орошения в сельскохозяйственную практику, получая при этом урожаи хлопка-сырца на уровне 45-55 ц/га и выше.

С.А.Нерозин, к.б.н.

Б.Ф.Камбаров, к.с.-х.н.

С.Нуржанов

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ В УСЛОВИЯХ САМАРКАНДСКОЙ  
ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Опытный участок площадью 5 га расположен на территории лесопитомника "Зарафшан" Иштыханского района Самаркандской области. Почвы - типичные сероземы, среднесуглинистые, в верхних слоях переходящие в тяжелосуглинистые, характерные для приадырной террасы реки Акдарья. Почвы обеспечены гумусом, азотом, фосфором. Опытный участок оснащен системой капельного орошения, состоящей из скважины вертикального дренажа, магистрального трубопровода, узла распределителя с удобрителем, распределительных шлангов из гофрированных труб и поливных шлангов отечественного производства (завод "Спецполимердренаж"). В междурядьях шириной 0,6 м уложены поливные шланги с вмонтированными в них через каждые 90 см капельницами типа Вариодрип, расход в капельницах составляет 2,5-3,2 л/ч. Насосы вертикальной скважины создают напоры в 2,5-5 атм.

Перед пахотой на поле было внесено 200 кг/га суперфосфата, а также 80 кг/га азотных и 50 кг/га калийных удобрений, общая годовая норма НРК составила: 240; 200; 50. Азотные удобрения в растворенном виде, нормой 12-20 кг/га за полив, подавались через фертилизатор в систему капельного орошения в вегетационный период с девятью поливами; общая норма  $\text{NH}_4\text{N}_2\text{O}_3$ , поданная за сезон через СКО, составила 160 кг/га.

Расчетный слой увлажнения был принят следующим: 0-50 см в бутонизацию хлопчатника, 0-60 см в цветение и 0-70 см в период созревания коробочек. По среднесуточному испарению, измеряемому с помощью ГГИ-300С, и по междоливному периоду рассчитывались разовые нормы полива, которые колебались в условиях эксперимента от 140 до 274 м<sup>3</sup>/га. Поливы контролировались замерами предполивной влажности почвы и среднесуточного прироста главного стебля хлопчатника, оптимальным значением которого принималось: для фа-

зы бутонизации I, I-I, 2 см за сутки, для фазы цветения I, 4-I, 5 см. При методической разработке и выборе режима орошения хлопчатника в эксперименте учитывались показатели температуры летнего времени с максимумом  $+43^{\circ}\text{C}$  и минимумом  $+25^{\circ}\text{C}$ , условия снижения относительной влажности воздуха в июне-августе до 25-27%, продолжительность солнечного сияния в летний период (360-392 ч в месяц).

Общая схема предполивной влажности почвы:

60-60-60% от ППВ (недоувлажненный фон)

70-70-60% от ППВ (обеспеченный фон)

80-80-65% от ППВ (переувлажненный фон)

70-70-60% от ППВ (контроль, бороздковый полив).

В варианте с использованием схемы 60-60-60% от ППВ за вегетацию проведены 14 поливов общей оросительной нормой  $3099 \text{ м}^3/\text{га}$ , в варианте 70-70-60% от ППВ - 18 поливов нормой  $4170 \text{ м}^3/\text{га}$ , в варианте 80-80-65% от ППВ - 24 полива общей оросительной нормой  $5267 \text{ м}^3/\text{га}$ . В контрольном варианте (полив осуществлялся традиционным поверхностным способом по бороздам), проведены 5 поливов общей оросительной нормой  $7200 \text{ м}^3/\text{га}$  (табл. I).

Результаты наблюдений за величиной суммарного испарения на участках, орошаемых бороздковым и капельным способами, свидетельствуют, что капельный способ позволяет снизить этот показатель более, чем на 20%. Так, за период май-сентябрь 1994г. суммарное испарение на участке капельного орошения составило 635 мм против 767 мм, полученных в контрольном варианте. Следует отметить, что величина физического испарения при капельном способе полива составила 75% от суммарного испарения против 41%, полученного при поверхностном орошении.

Наблюдения за ростом, развитием и плодообразованием хлопчатника, проводимые каждые 7 дней, показывают, что для условий данной зоны лучше всего подходит режим орошения по схеме 70-70-60% от ППВ. Так, в этом варианте было сформировано к концу вегетации 9,7 штук полноценных коробочек со средним весом каждой в 3,62 грамма, против 8,4 коробочек (средний вес 3,58 г) в варианте с предполивной влажностью 80-80-70% от ППВ и 7,0 коробочек (средний вес 3,40 г) в варианте 60-60-60% от ППВ. В контрольном варианте эти показатели составили: 8,4 коробочек со средним весом

каждой в 3,25 г. Соответственно урожай хлопка-сырца составил в лучшем варианте опыта 35,2 ц/га (табл. I) против 30,1 ц/га на переувлажненном фоне; 23,8 ц/га на недоувлажненном фоне и 27,3 ц/га в контрольном варианте с поверхностным бороздковым поливом.

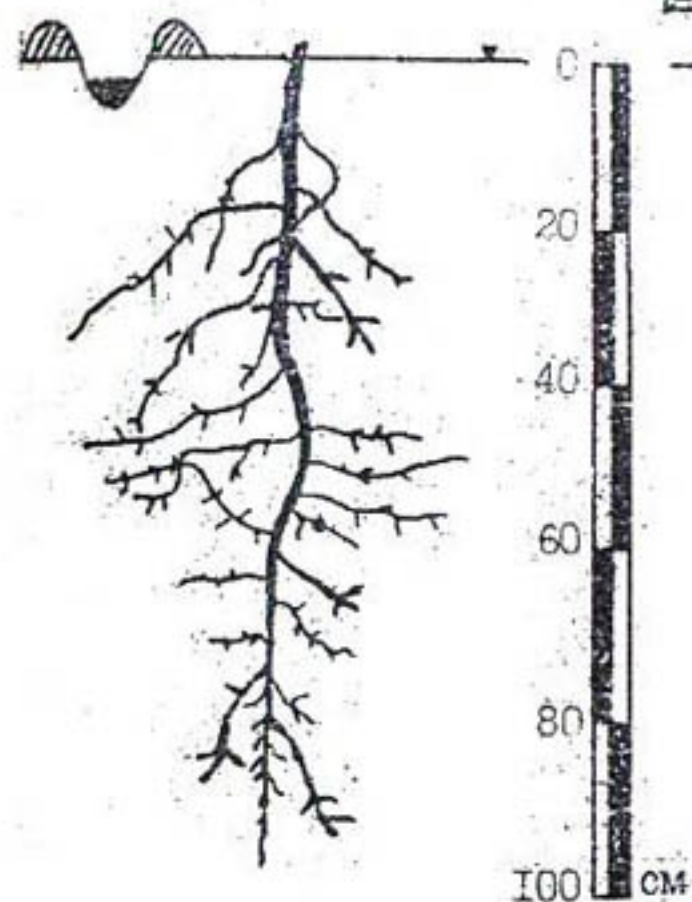
Технологические свойства хлопкового волокна являются важнейшими качественными характеристиками этой культуры и определяют его цену на мировом рынке. Текстильная промышленность предъявляет строгие требования к качеству волокна хлопчатника, так как эти показатели определяют вид будущей продукции и качество изделий.

Из данных табл. 2 видно, что штапельная длина хлопкового волокна составляет 32-34 мм, линейная плотность 132-136 м/текс, метрический номер в пределах 6000-6700. Такие показатели свидетельствуют о высоком качестве выращенного хлопчатника.

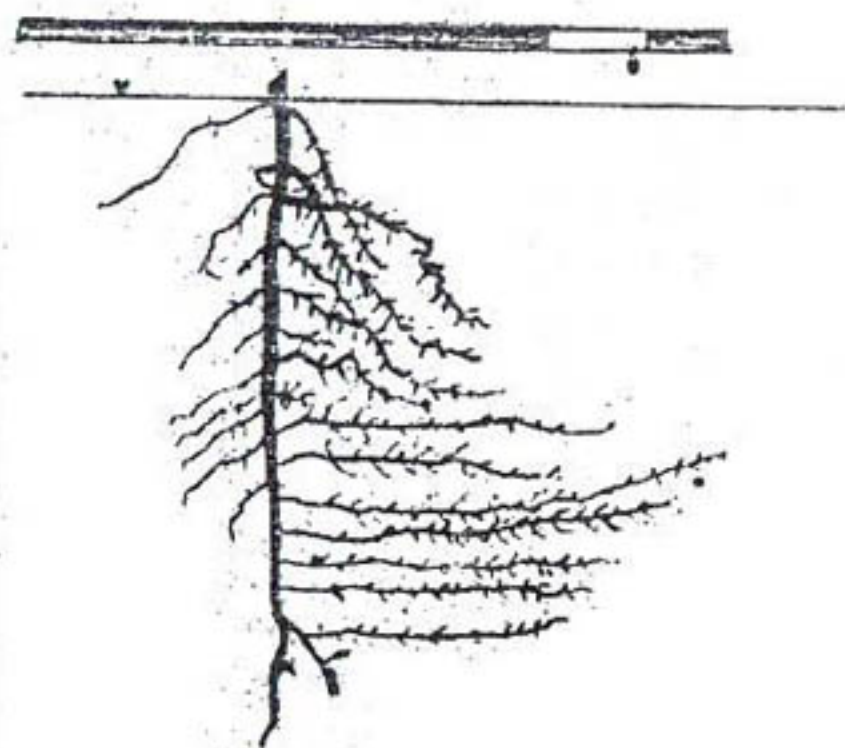
Высокими показателями отличается это волокно и по крепости - разрывная нагрузка составляет 4,4-4,5 г/с, относительная разрывная нагрузка 33,3-33,4 г/текс. С учетом общего выхода волокна, равного 31,8%, и представленных в табл. 2 показателей волокно следует признать качественным и пользующимся высоким спросом у потребителей. Водообеспечение растений сказалось на технологических особенностях волокна хлопчатника. Так, в варианте со схемой полива 70-70-60% от ППВ отмечены наилучшие показатели по линейной плотности, метрическому номеру и разрывной нагрузке, однако следует признать, что существенных различий по вариантам опыта не наблюдается.

Особый интерес вызывают данные по развитию корневой системы при капельном способе орошения хлопчатника. Из рисунка видно, что при бороздковом поливе корневая система хлопчатника развита равномерно и достигает зоны 0-100 см. Такая зависимость объясняет общепринятое положение, когда за расчетный слой увлажнения принимается зона 0-100 см при достаточно развитом растении. Иная картина наблюдается при капельном способе орошения: зона развития корней ограничивается контуром смачивания почвы и не выходит за пределы 70 см от поверхности (на рисунке приведена корневая система в варианте 70-70-60%). Кроме того, отчетливо

а) при поливе по бороз-  
дам (контроль)



б) при капельном орошении



Корневая система хлопчатника сорта  
"Киргизский-3"

Таблица I

Сравнительная оценка эффективности режимов орошения при капельном и бороздочном поливах на ОПУ

| Схема режима орошения,<br>от ППВ почвы | Число по-<br>ливов | Ороситель-<br>ная норма,<br>м <sup>3</sup> /га | Фенологические<br>показатели | Фенологические<br>наблюдения | Снижение уро-<br>жан, % от по-<br>казателя в<br>лучшем вари-<br>анте |
|----------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 60-60-60                               | 14                 | 3099                                           | 83,7                         | 7,0                          | 23,80                                                                |
| 70-70-60                               | 18                 | 4170                                           | 106,5                        | 9,7                          | 35,21                                                                |
| 80-80-65                               | 24                 | 5267                                           | 129,9                        | 8,4                          | 30,07                                                                |
| Контроль - полив<br>по бороздам        | 5                  | 7200                                           | 102,3                        | 8,4                          | 27,30                                                                |
|                                        |                    |                                                |                              |                              | - 32,6                                                               |
|                                        |                    |                                                |                              |                              | 0                                                                    |
|                                        |                    |                                                |                              |                              | - 14,5                                                               |
|                                        |                    |                                                |                              |                              | - 22,5                                                               |

Таблица 2

Технологические свойства волокна хлопчатника, выращенного  
на опытном участке

| Схема полива, режима<br>орошения, % от ППВ<br>почвы | Шапельная<br>длина, мм | Линейная<br>плотность,<br>м/текс. | Метрический<br>номер | Разрывная<br>нагрузка,<br>г/с | Относительная<br>разрывная на-<br>грузка, г/текс. |
|-----------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| 60-60-60                                            | 32                     | 133                               | 6300                 | 4,5                           | 33,3                                              |
| 70-70-60                                            | 34                     | 136                               | 6700                 | 4,5                           | 33,4                                              |
| 80-80-65                                            | 33                     | 132                               | 6000                 | 4,4                           | 33,3                                              |
| Контроль - полив<br>по бороздам                     | 32                     | 133                               | 6300                 | 4,4                           | 33,3                                              |

проявляется настоятельное развитие системы в целом, которое направлено в зону увлажнения, и резкое снижение количества корней I-го и 2-го порядка в зоне неполиваемой борозды. Именно в этой связи расчетная зона увлажнения в фазу плодообразования - созревания хлопчатника - принимается равной 0-70 см.

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

наибольшие рост вегетативной массы, набор бутонов и длина главного стебля хлопчатника наблюдаются в переувлажненном варианте со схемой полива 80-80-65%. Однако этот вариант отличается от других обильным сбрасыванием плодоземелентов и более поздним созреванием урожая хлопка-сырца;

наименьшие показатели по длине главного стебля, набору плодоземелентов, раскрывшихся коробочек и, соответственно, по общему урожаю отмечены в варианте 60-60-70%, получившему наименьшее количество воды (3099 м<sup>3</sup>/га) за вегетационный период;

контрольный вариант (полив по бороздам с поливной нормой 7200 м/га) дал практически среднестатистическую урожайность, характерную для этой зоны - 27,3 ц/га хлопка-сырца;

наилучшим вариантом по набору раскрывшихся полноценных коробочек является вариант со схемой полива 70-70-60% и величиной водоподачи за вегетационный период 4170 м<sup>3</sup>/га. Именно в этих условиях собран самый высокий в эксперименте урожай хлопка-сырца, равный 35,2 ц/га, с наилучшими технологическими показателями волокна хлопчатника.

Ш.Ш.Мухамеджанов, к.т.н.

А.У.Усманов, к.с.-х.н.

(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ  
ВЫРАЩИВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В УСЛОВИЯХ  
МАЛОМОЩНЫХ ПОЧВ

Системы капельного орошения до сих пор использовались в основном под садовые культуры на склоновых землях, где почвы имеют высокую водопроницаемость. Под пропашные культуры и, в частности, под хлопчатник капельное орошение стали применять в 80-е годы, используя как израильскую, так и отечественную технологию. Опытные разработки по этой системе проводятся в настоящее время в совхозе "Савай" Андижанской области, в совхозах "Ганиабад" и "Еш Ленинчи" Ферганской области, в хозяйствах Кашкадарьинской и Самаркандской областей.

Внедрение в практику СКО предусматривает решение двух основных задач, наиболее важных для условий Узбекистана - экономия воды и получение высоких урожаев при наименьших затратах труда, техники и электроэнергии.

Для каждой территории с различными почвенными и гидрогеологическими условиями внедрение системы капельного орошения требует изучения влажностного режима, определения наиболее оптимальной предполивной влажности и разработки на её основе режима орошения. Для поддержания нужного режима влаги следует на основе изучения механического состава почв и её водно-физических свойств определить необходимые агромелиоративные мероприятия.

Наиболее эффективно система капельного орошения проявляет себя при выращивании пропашных культур на участках с большими уклонами местности и со сложным изрезанным рельефом, на сильно-водопроницаемых грунтах с различным слоем мелкозема на поверхности. Для каждой местности в процессе исследований должны быть установлены присущие ей особенности использования СКО, разработаны элементы техники полива, решены вопросы водозабора в систему.

В задачу наших исследований входило определение возможно-

сти применения СКО на маломощных почвах, подстилаемых мощным слоем гравийно-галечниковых отложений. Характерной территорией распространения таких почв являются адыры и межадырные понижения Ферганской долины.

Для проведения исследований в хозяйстве "Еш Ленинчи" Ферганского района Ферганской области был организован опытный участок площадью 5 га под капельное орошение и 5 га под поверхностный полив по бороздам. Основными вопросами исследований на опытном участке с системой капельного орошения были: изучение режима орошения хлопчатника при капельном орошении, установление оптимальной предполивной влажности, изучение влажностного режима и его распределение, определение поливной и оросительной норм хлопчатника при капельном орошении, сравнительная характеристика системы капельного орошения с традиционным способом поверхностного полива по бороздам.

Мощность покровного мелкозема на участке не превышает 1,0 м, основная часть подстилающей поверхности состоит из галечника с песчаным заполнителем. Грунтовые воды расположены на глубине

70-100 м. Водозабор из оросительной сети затруднен. Оросительная сеть слабо развита и в основном состоит из земляных "ок арыков", питающихся из основного русла Шахмардансая. Поверхностные воды не обеспечивают хозяйства оросительной водой, и поэтому на исследуемой территории пробурен ряд скважин на орошение до первого водоносного горизонта. Откачиваемые воды пресные, минерализованные до 0,5-0,8 г/л, дебит одной скважины в зависимости от марки насоса составляет 40-70 л/с.

Для проведения эксперимента опытный участок разделен на варианты опыта по поддержанию различной предполивной влажности. Исходя из опыта полива пропашных культур различными способами как в нашей стране, так и за рубежом, нами приняты три варианта предполивной влажности: I-вариант 70-70-60%, II вариант - 80-80-60% и III вариант - 85-85-60% от ППВ. Для контроля выбран участок поверхностного полива по бороздам с поддержанием предполивной влажности 70-70-60% от ППВ.

Для расчета поливных норм по вариантам опыта при капельном орошении хлопчатника нами по результатам водно-физических свойств почв и предельно-полезной влагоемкости определена предполив-

ная влажность. Анализ полученных материалов показал, что пред-  
поливная влажность почв при поддержании различного водного режи-  
ма составляет 12-15% от веса сухого грунта.

Поливные нормы рассчитывались с учетом механического состава почв и мощности мелкоземистой части в пределах 0,5 м и составили: в первом варианте 351; во втором - 234 и в третьем варианте 175 м<sup>3</sup>/га.

Исследования капельного орошения хлопчатника были начаты с началом первого полива - 18.06.1993 г. Объемы подаваемой воды назначались согласно расчетным поливным нормам по вариантам опыта. Подача воды из системы осуществлялась с первым поливом, во всех вариантах опыта одновременно. Согласно расчетным поливным нормам определялась продолжительность полива по каждому варианту. При расходе воды в системе 19,64 м<sup>3</sup>/ч продолжительность полива при 85% предполивной влажности составила 12 ч 45 мин, в варианте 80% предполивной влажности - 17 ч, в варианте 70% - 25 ч 30 мин.

В процессе поливов, как первого, так и остальных, нами изучалось распределение влажности в почве. Для этого выборочно на различных участках поля были установлены измерительные сосуды для замера расхода воды в капельницах. Одновременно производился учет расхода воды по измерительному счетчику в голове системы и давления в системе по манометру. Замеры проводились по капельницам по всей ширине поля на различном протяжении от головы до конца борозды. Расход воды в капельницах колебался от 0,7 до 2,5 л/ч, что объясняется неодинаковым разрезом отверстий. Давление в голове системы на период замеров составило 1 атм.

Вместе с замером расхода воды в капельницах нами проводился замер увлажнения борозды, грядки и увлажняемого слоя корневой системы в течение одного часа от начала полива.

Перед первым поливом предполивная влажность составляла 60% от ППВ, т.е. грунт был доведён практически до сухого состояния. В результате замера расхода воды нескольких капельниц получены следующие результаты (табл. I).

Таблица I

Площадь увлажнения одной капельницы в течение  
одного часа

| Вдоль борозды по обе<br>стороны капельниц, см | ! Поперек борозды<br>! по обе стороны<br>! капельниц, см | ! Глубина увлажнения,<br>! см |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 50                                            | 34                                                       | 30                            |
| 75                                            | 60                                                       | 35 и более                    |
| 75                                            | 60                                                       | 40                            |
| 70                                            | 35                                                       | 30                            |
| 80                                            | 60                                                       | 40                            |
| 70                                            | 64                                                       | 30 и более                    |
| 75                                            | 62                                                       | 40 и более                    |
| 60                                            | 45                                                       | 30                            |
| Среднее 69                                    | 49                                                       | 33                            |

Как видно из табл. I, за один час работы системы произошло увлажнение вдоль борозды до 70–80 см, поперёк борозды в пределах 50–60 см и в глубину до 30–40 см и более. Если учесть, что на опытном участке расстояние междурядий составляет 60 см, то при таком увлажнении уже в течение одного часа влага от капельниц достигает растений. В то же время при расположении капельниц с шагом 90 см и увлажнении вдоль борозды большей частью 70–75 см в течение одного часа смоченные периметры двух расположенных рядом капельниц приближаются к стыкованию. В течение одного часа смоченные периметры двух капельниц находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Через 2 часа после полива смоченные периметры смыкаются, ширина в месте смыкания составляет 20–25 см, величина увлажнения поперёк борозды по обе стороны капельниц – 65–70 см, т.е. через два часа после полива увлажнение грунта по поверхности доходит до вершины грядки и переходит за неё.

На опытном участке мощность мелкоземной части составляет 30–50 см, дальше идут галечники. Глубина увлажнения ка-

пельницами, по нашим замерам, составила 30-40 см и более. При изучении развития корневой системы хлопчатника на опытном участке установлено, что основная масса корневой системы расположена в мелкозем до галечниковой зоны. При этом длина развития корневой системы, по замерам нескольких кустов в период массового цветения, составляет 30-40 см, ширина корневой системы - 40-45 см. Таким образом, можно констатировать, что уже в течение одного-двух часов корневая система получает определенную влагу.

Для определения межполивного периода и сроков очередного полива нами проведены исследования по изучению изменения влажности почвы в межполивной период до достижения значения предполивной влажности в каждом варианте опыта. Отбор проб проводился по всей мощности мелкозема до галечникового слоя на глубину 0,3-0,4 м через каждые 10 см. По данным многочисленных анализов установлено, что расходование влаги составляет в среднем от 1,5% в сутки в нижних горизонтах до 2,5% в сутки на поверхности почвы. Влажность почвы в нижних и верхних горизонтах на следующий после полива день составляет от 16 до 21% соответственно. В последующие дни она изменяется от 15-18 до 13-16%. В варианте поддержания предполивной влажности 70% от ППВ это значение влажности в разгар вегетации (июль и начало августа) наблюдается на четвертый-пятый день после полива. В начале июня и в сентябре такое значение влажности отмечается на шестой-седьмой день после полива.

В варианте предполивной влажности 80% от ППВ её величина составляет 14,1%. Это значение влажности в июле-августе наблюдается на третьи сутки после полива. В июне и сентябре предполивная влажность 80% от ППВ отмечается на четвертые и пятые сутки после полива. В варианте 85-90% предполивная влажность составляет 15-16,9% и в таком значении отмечается на вторые сутки после полива. Исходя из расчетных значений поливной нормы и значений предполивной влажности нами определены сроки каждого полива. За весь период вегетации системой капельного орошения проведены в варианте 70% от ППВ - 17 поливов поливной нормой 350-360 м<sup>3</sup>/га, в варианте 80% от ППВ - 23 полива поливной нормой 234-350 м<sup>3</sup>/га, за исключением первого полива, во время которого во всех вариантах подавалась большая норма за счет малой

предполивной влажности в почве. В варианте 85-90% проведены 33 полива поливной нормой 178-186 м<sup>3</sup>/га. В целом оросительная норма по вариантам опыта составила 5967, 6084 и 6483 м<sup>3</sup>/га соответственно (табл.2).

Таблица 2

Количество поливов и оросительная норма хлопчатника при капельном орошении по фазам развития

| Варианты опыта | Фазы развития хлопчатника |               |                            |                 | Кол-во поливов | Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га |
|----------------|---------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|----------------|----------------------------------------|
|                | бутони-<br>зация          | цвете-<br>ние | плодо-<br>образова-<br>ние | созрева-<br>ние |                |                                        |
| 70%            | 3                         | 6             | 6                          | 2               | 17             | 5967                                   |
| 80%            | 4                         | 9             | 8                          | 2               | 23             | 6084                                   |
| 85-90%         | 5                         | 13            | 14                         | 1               | 33             | 6493                                   |

Вместе с наблюдениями за поливом системой капельного орошения на СЛУ проводились исследования по изучению бороздкового полива в контрольном варианте. Для определения фактической поливной нормы контрольный участок был оборудован водомерными приборами. Полив начаты 22 июня в 15 ч 07 мин, закончился 24 июня в 11 ч 30 мин, общее время полива составило 44 ч 30 мин. По данным наших замеров, общая водоподача при первом поливе по бороздам достигла 2010 м<sup>3</sup>/га, сброс с полей орошения - 215 м<sup>3</sup>/га, что составляет около 10-11% от общей водоподачи. Поливная норма получена из разницы общей водоподачи и сброса с поля и составила 1795 м<sup>3</sup>/га. В целом за весь период вегетации проведены пять поливов, водоподача на один полив колебалась в пределах 1446-2496 м<sup>3</sup>/га. Максимальная водоподача приходится на июль-август, а минимальная на август. Сброс с поля составил 10-16% от водоподачи, в среднем - 15%. Суммарная водоподача за вегетацию составила 10534 м<sup>3</sup>/га при оросительной норме 8976 м<sup>3</sup>/га (табл.3).

Таблица 3

Поливная и оросительная нормы при поливе хлопчатника по бороздам на контрольном участке

| Дата  | Продолжительность полива | Номер полива | Водоподача, $\text{м}^3/\text{га}$ | Сброс с поля, $\text{м}^3/\text{га}$ | Поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$ |
|-------|--------------------------|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 22.06 | 44 ч 23 мин              | I            | 2010                               | 215                                  | 1795                                   |
| 13.07 | 48 ч 17 мин              | II           | 2254                               | 343                                  | 1911                                   |
| 3.08  | 56 ч 32 мин              | III          | 2496                               | 371                                  | 2135                                   |
| 24.08 | 51 ч 05 мин              | IV           | 2328                               | 388                                  | 1940                                   |
| 14.09 | 30 ч 12 мин              | V            | 1446                               | 241                                  | 1205                                   |
| Итого |                          |              | 10534                              | 1558                                 | 8976                                   |

Оценка урожайности хлопчатника на опытном участке проводилась по данным фенологических наблюдений и количеству собранного урожая.

На каждые десять кустов хлопчатника в контрольном варианте приходилось в среднем 66 раскрытых коробочек, в варианте 70% - в среднем 70 раскрытых коробочек, в варианте 80% - 83 коробочки и в варианте 85-90% - 117 раскрытых коробочек.

Как показывают данные наблюдений, контрольный вариант полива хлопчатника по бороздам уступает по весу хлопка в 1,3-1,5 раза. При этом урожайность хлопчатника по вариантам опыта составила: в контрольном - 17,0; в варианте 70% - 21,0; в варианте 80% - 26,0 и в варианте 85-90% - 28,0 ц/га.

В результате опытов по поливу хлопчатника системой капельного орошения установлено, что:

наиболее эффективным вариантом является поддержание предполивной влажности на уровне 85% от предельно-полевой влагоемкости. При этом межполивной период составляет двое суток, продолжительность полива - 24-36 ч. Поливная норма равна 175-185  $\text{м}^3/\text{га}$ , оросительная - 6493  $\text{м}^3/\text{га}$ ;

в контрольном варианте при бороздковом поливе оросительная норма составила 897  $\text{м}^3/\text{га}$ , водоподача - 10534  $\text{м}^3/\text{га}$ , сле-

дсзательно, экономия воды от внедрения системы капельного орошения достигла  $4041 \text{ м}^3/\text{га}$ ;

урожайность хлопчатника при поливе СКО колебалась от 21 до 28 ц/га, что на 11 ц/га выше, чем при бороздковом поливе;

потребление электроэнергии при капельном орошении одного гектара за весь период вегетации составило 909 кВт·ч, при бороздковом - 1475 кВт·ч. Таким образом, экономия электроэнергии составила 566 кВт·ч, причем, указанные энергозатраты целиком состоят из электроэнергии, потребляемой скважинами "на воду", построенными в целях повышения водообеспеченности территорий.

УДК 631.67.03:626.844

Б.С.Камилов, к.с.-х.н.

Г.А.Безбородов, д.т.н.

(УзНИИ хлопководства АСХН)

#### ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ХЛОПЧАТНИКА НА ЕЕ ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Исследования по изучению влияния различной обработки почвы при капельном орошении хлопчатника на его урожайность проводились на Центральной экспериментальной базе УзНИИХ (Киратский р-н Ташкентской обл., почва - типичный тяжелосуглинистый серозем, хлопчатник сорта С-6524 с шириной междурядий 60 см) и в совхозе "Акбулак" Голодностепского филиала УзНИИХ (Пахтакорский р-н Джизакской обл., почва - сероземно-луговая, средне-суглинистая, слабозасоленная, хлопчатник сорта АН-Баяут 2 с шириной междурядий 90 см), где были заложены следующие варианты опытов.

# Схема опыта

| Вариант опыта | Полив                  |                                                                                                     |
|---------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | По бороздам – контроль | Культивация (6–8 см, крайние рабочие органы, 14–15 см, средние рабочие органы) после каждого полива |
| 2             | СКО                    | Культивация проводится один раз – перед раскладкой увлажнителей                                     |
| 3             | СКО                    | То же + рыхление на 22–25 см                                                                        |
| 4             | СКО                    | Культивация проводится до смыкания кустов хлопчатника                                               |

Культивация и рыхление междурядий на узкорядных посевах (60 см) хлопчатника осуществлялись агрегатом КХУ-4, на широко-рядных (90 см) – агрегатом КРХ-3,6; каждый вариант занимал площадь: в первом случае 480 м<sup>2</sup>, во втором – 720 м<sup>2</sup>.

Хлопчатник во всех вариантах опыта поливался при предположивном режиме увлажнения: корнеобитаемого слоя почвы 70–70–60% от наименьшей влагоемкости почвы (НВ). Режим питания хлопчатника осуществлялся внесением минеральных удобрений из расчета годовой нормы азота, фосфора и калия – 240; 170 и 120 кг/га. В вариантах 2, 3, и 4 медленнорастворимые фосфорные и калийные удобрения в полном объеме вносились под зябь, в контрольном – 50% под зябь, остальная часть в две подкормки в течение вегетации.

Легкорастворимые в воде азотные минеральные удобрения в вариантах 3 и 4 подавались с оросительной водой.

Внесение (предпосевное – фосфора и калия) минеральных удобрений под зябь, корчевка гудипаи и вспашка проводились на обоих участках примерно в одни и те же сроки – в первой декаде декабря 1992 г.

Весной 1993 г. предпосевную подготовку полей (боронование и малование в 2 следа) закончили до 20 апреля. Сев хлопчатника на обоих участках выполнили 21–22 апреля. Однако в связи с неблагоприятными погодными условиями (непрерывные дожди и промерзание поверхности почвы 1–2 мая до – 1–2°С) на типичных сероземах Ташкентской области пришлось произвести пересев 12 мая,

что привело к заметному припозднению всех дальнейших агроприемов.

Прореживание хлопчатника на сероземно-луговых почвах провели 12 мая, на типичных сероземах 6-8 июня. Перед раскладкой увлажнителей выполнили культивацию и рыхление междурядий (соответственно 15 и 27.V; 20.V и 9.VI).

За вегетацию провели 3-5 поливов, с предварительной нарезкой борозд и послеполивной культивацией, а на СКО - 4-6 поливов. Подкормку хлопчатника в течение вегетации проводили в контрольном варианте - 2, в опытных - 3 раза.

Химическую обработку хлопчатника против сельскохозяйственных вредителей (тли и трипса) произвели на типичных сероземах в конце мая, а на сероземно-луговых дважды (5 и 26 августа) от паутинного клеща.

Чеканку проводили ручную, а дефолиацию агрегатом ОВХ-28 препаратом хлорат магния (10-12 кг/га).

В табл. I приведены основные водно-физические показатели исследуемых почв и показано их изменение под влиянием различной технологии возделывания хлопчатника.

На первом опытном участке (серозем типичный) в корнеобитаемом метровом слое (0-100 см) содержание физической глины (<0,01 мм) достигает 46-48%, что соответствует тяжелым суглинкам. Подстиляется почва легкой глиной (100-150 см - 52,3%).

Второй опытный участок (сероземно-луговая почва) представлен легкими суглинками, где содержание физической глины не превышает 22,25% от суммы фракций.

Объемная масса типичных сероземов из-за тяжелого механического состава достигает достаточно высоких величин (1,55 г/см<sup>3</sup>). Наибольшие значения ее наблюдаются в контрольном варианте (бороздковый полив) в пахотном (0-30 см) слое - 1,47 г/см<sup>3</sup>, подпахотном - 1,54 г/см<sup>3</sup> и 1,50-1,55 г/см<sup>3</sup> в нижележащих слоях, тогда как в варианте 2 они соответствовали 1,33; 1,50 и 1,50-1,53 г/см<sup>3</sup>.

Данные табл. I показывают, что при капельном орошении хлопчатника значительно меньше уплотняется верхний корнеобитаемый слой почвы, сохраняясь на оптимальном уровне, и создаются более благоприятные условия для развития хлопчатника.

Таблица I

Основные водно-физические показатели исследуемых почв

| Слой почвы, см | Содержание физич. глины, % | Объемная масса, г/см <sup>3</sup> |        | Общая сжимаемость, % |        | Полевая влагоемкость, % к массе | Водопроницаемость, м <sup>3</sup> /га за 6 часов |
|----------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|----------------------|--------|---------------------------------|--------------------------------------------------|
|                |                            | Вар. I (контр)                    | Вар. 2 | Вар. I (контр)       | Вар. 2 |                                 |                                                  |

## Серозем типичный

|         |      |      |      |      |      |      |         |
|---------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 0-30    | 48,8 | 1,47 | 1,33 | 45,5 | 50,7 | 21,1 |         |
| 30-50   | 46,4 | 1,54 | 1,50 | 43,0 | 45,0 | 20,2 |         |
| 50-100  | 46,0 | 1,55 | 1,53 | 42,6 | 43,4 | 20,4 | 685,0 * |
| 100-150 | 52,8 | 1,50 | 1,50 | 44,5 | 44,5 | 20,6 | 1020,0  |
| 0-100   | 46,9 | 1,52 | 1,46 | 43,8 | 46,0 | 20,5 |         |
| 0-150   | 48,9 | 1,51 | 1,47 | 44,1 | 45,6 | 20,6 |         |

## Сероземно-луговая почва

|         |      |      |      |      |      |      |        |
|---------|------|------|------|------|------|------|--------|
| 0-30    | 24,8 | 1,38 | 1,28 | 48,9 | 52,6 | 17,9 |        |
| 30-50   | 23,8 | 1,40 | 1,35 | 48,1 | 50,0 | 17,1 | 920,0  |
| 50-100  | 23,0 | 1,38 | 1,35 | 46,9 | 50,0 | 17,8 | 1200,5 |
| 100-150 | 21,8 | 1,40 | 1,40 | 48,1 | 48,1 | -    |        |
| 0-100   | 23,7 | 1,39 | 1,35 | 48,5 | 50,0 | 17,8 |        |
| 0-150   | 23,1 | 1,39 | 1,37 | 48,5 | 49,3 | -    |        |

\* В числителе данные варианта I (контроль), в знаменателе - варианта 2.

В практике земледелия давно замечено (большое влияние структуры почвы на её физические свойства, водно-воздушный режим и в целом на плодородие почвы и развитие растений).

Качественная оценка структуры определяется её размером, пористостью, механической прочностью и водопроницаемостью. Наиболее ценные, с агрономической точки зрения, - макроагрегаты размером 0,25-10,0 мм.

Структурный состав исследуемых типичных сероземов и сероземно-луговых почв, определенный в образцах почв, взятых по вариантам в конце вегетации хлопчатника, приведен в табл.2. Из данных табл. видно, что распределение агрегатов различных фракций пахотного слоя почвы в контрольном и опытных вариантах варьирует в широком диапазоне. Так, на типичных сероземах в контрольном варианте наблюдается наибольшее содержание крупных агрегатов - 10 мм (31,5-37,8%), далее в убывающем порядке располагаются фракции 10-7 мм (10-12%) и 0,25 мм (10-13%). В вариантах 2, 3 и 4 содержание различных фракций агрегатов примерно одинаковое и варьирует от 10-12 до 14-16%, лишь наименьшие фракции - 0,25 мм - не превышают 5-8% от суммы.

На сероземно-луговых почвах Голодной степи отмеченная выше закономерность распределения различных фракций в вариантах сохраняется, хотя проявляется в менее контрастной форме.

По результатам агрегатного анализа можно отметить, что капельное орошение хлопчатника способствует сохранению агрономически ценных фракций в корнеобитаемом слое почвы, тогда как орошение по бороздам постоянной струей, сопровождающееся частыми междурядными обработками, формирует крупнокомковатую глыбистую структуру, заметно увеличивает наличие пылеватых частиц, что приводит к ухудшению агрофизических показателей почвы.

Одним из оценочных показателей эффективности того или иного агротехнического приема при возделывании хлопчатника является степень засоренности поля сорной растительностью.

В конце августа во всех вариантах проводился учет массы и разновидности сорной растительности почвы (табл.3, 4). По количеству их на одном квадратном метре опытные варианты мало отличались от контроля. Однако систематическое проведение культиваций после каждого полива (вариант 4) капельным орошением вело к заметному (на 15%) сокращению сорняков.

Несмотря на небольшую разницу в количестве сорняков в контрольном и опытных вариантах, значительная разница их наблюдается в общей массе, т.е. показатели варианта I превышали показатели в вариантах 2, 3 и 4 на 64-70% в сырой и 66-74% в сухой массе, что объясняется преобладанием в контрольном варианте многолетних сорняков (вьюнок полевой). Наибольшая сухая масса получена

Таблица 2

## Структурный состав почвы

| Вариант опыта                                             | Полив                   | Глубина, см            | Размер фракций (мм)  |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                                           |                         |                        | 10                   | 10-7                 | 7-5                  | 5-3                  | 3-2                  | 2-1                  | <0,25                |                      |
| Серозем типичный (ЦЭБ УзНИИХ)                             |                         |                        |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| 1                                                         | По Сероземам (контроль) | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 31,5<br>32,4<br>37,8 | 10,2<br>12,8<br>12,4 | 6,7<br>5,9<br>5,5    | 6,5<br>6,2<br>5,0    | 8,4<br>8,2<br>7,9    | 10,4<br>11,2<br>12,0 | 4,7<br>4,9<br>5,2    | 13,4<br>9,8<br>7,0   |
| 2                                                         | СКО                     | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 11,6<br>13,0<br>14,2 | 10,0<br>11,3<br>11,2 | 9,9<br>12,0<br>10,9  | 12,4<br>13,4<br>12,3 | 12,5<br>11,2<br>11,5 | 9,9<br>12,0<br>13,1  | 14,5<br>13,2<br>12,5 | 17,7<br>15,3<br>13,1 |
| 3                                                         | СКО                     | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 14,5<br>11,0<br>13,8 | 12,4<br>13,2<br>12,0 | 10,8<br>10,2<br>10,0 | 12,0<br>10,8<br>12,1 | 10,2<br>13,6<br>8,4  | 12,7<br>16,0<br>13,4 | 10,0<br>14,1<br>15,0 | 15,2<br>14,0<br>13,8 |
| 4                                                         | СКС                     | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 16,8<br>14,3<br>15,0 | 13,1<br>12,2<br>11,8 | 10,9<br>11,0<br>11,4 | 10,0<br>9,7<br>9,5   | 11,0<br>10,3<br>12,6 | 10,5<br>11,6<br>12,8 | 9,8<br>10,1<br>10,4  | 10,1<br>12,0<br>11,3 |
| Сероземно-луговая почва (Голодностепенский филиал УзНИИХ) |                         |                        |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
| 1                                                         | По Сероземам (контроль) | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 21,4<br>22,3<br>27,9 | 12,1<br>14,7<br>13,5 | 10,9<br>11,0<br>9,8  | 11,4<br>14,0<br>12,2 | 14,5<br>13,3<br>12,5 | 8,7<br>7,3<br>7,1    | 4,0<br>4,0<br>3,2    | 10,6<br>11,4<br>10,6 |
| 2                                                         | СКО                     | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 13,2<br>12,6<br>14,0 | 12,0<br>11,3<br>10,9 | 10,0<br>11,9<br>10,4 | 12,2<br>11,7<br>12,2 | 8,5<br>10,9<br>14,2  | 10,5<br>13,2<br>12,7 | 10,9<br>10,1<br>9,1  | 2,4<br>2,1<br>2,6    |
| 3                                                         | СКО                     | 0-10<br>10-20<br>20-30 | 14,0<br>13,5<br>13,8 | 13,2<br>13,0<br>12,0 | 9,9<br>11,0<br>10,7  | 11,5<br>10,2<br>12,6 | 8,9<br>11,0<br>13,2  | 9,0<br>12,2<br>13,1  | 12,0<br>11,3<br>9,0  | 3,9<br>3,0<br>2,3    |

Продолжение табл. 2

| Вари-<br>ант<br>опыта | Полив | Глуби-<br>на, см | Размер фракций (мм) |      |      |      |     |      |       |          |      |      |
|-----------------------|-------|------------------|---------------------|------|------|------|-----|------|-------|----------|------|------|
|                       |       |                  | 10                  | 10-7 | 7-5  | 5-3  | 3-2 | 2-1  | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25 | 0,25 |
| 4                     | СКО   | 0-10             | 16,2                | 14,3 | 12,2 | 10,3 | 8,7 | 6,8  | 9,9   | 10,4     | 11,2 |      |
|                       |       | 10-20            | 18,0                | 13,8 | 11,6 | 11,5 | 8,5 | 8,4  | 9,7   | 8,2      | 10,3 |      |
|                       |       | 20-30            | 20,4                | 12,1 | 13,0 | 10,7 | 9,1 | 10,0 | 10,2  | 6,1      | 8,4  |      |

Таблица 3

Влияние технологии полива хлопчатника на количество сорной растительности на типичных сероземах Ташкентской области

| Вариант опыта | Полив                  | С о р н я к и             |                   |                   |
|---------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|
|               |                        | кол-во, шт/м <sup>2</sup> | сырая масса, ц/га | сухая масса, ц/га |
| 1             | По бороздам (контроль) | 37,5                      | 47,27             | 11,85             |
| 2             | СКО                    | 36,0                      | 17,05             | 4,01              |
| 3             | СКО                    | 35,0                      | 15,93             | 3,68              |
| 4             | СКО                    | 32,0                      | 13,84             | 3,05              |

Таблица 4

Количество сорняков по их разновидности, шт/м<sup>2</sup>

| Вариант опыта | Полив                  | Люцер-на | Вью-нок полевой | Щири-ца | Порту-лак | Сыть круглая | Кури-ное просо | Всего |
|---------------|------------------------|----------|-----------------|---------|-----------|--------------|----------------|-------|
| 1             | По бороздам (контроль) | 1        | 31,5            | 1,5     | -         | 3,0          | 0,5            | 37,5  |
| 2             | СКО                    | -        | 13,5            | 13,0    | 1,5       | 3,0          | 5,0            | 36,0  |
| 3             | СКО                    | -        | 11,0            | 14,0    | 0,5       | 2,0          | 6,0            | 35,0  |
| 4             | СКО                    | -        | 10,5            | 11,0    | 3,0       | 0,5          | 7,0            | 32,0  |

в контрольном варианте – около 12 ц/га, а в вариантах капельного орошения она не превышала 3–4 ц/га.

Следовательно, поливы хлопчатника через борозду системой капельного орошения, создавая хорошие условия для развития сорняков в рабочих бороздах, заметно угнетают их в нерабочих.

На современном этапе развития земледелия на орошаемых почвах биологические факторы превратились в ведущие критерии оценки антропогенных воздействий на почву. Без глубокого понимания их влияния на микробиологические процессы в почвах невозможно создание высокоэффективных агротехнологий и систем земледелия.

Поэтому реализация потенциальной продуктивности хлопчатника во многом зависит от интенсивности биохимических и микробиологических процессов, протекающих в растении, и создания оптимальных условий для его возделывания.

Решению этой задачи может способствовать применение новой технологии возделывания хлопчатника при капельном орошении. Однако для широкого производственного использования капельного орошения в зоне хлопкосеяния необходимо установить количественный и качественный состав, а также физиологические группы микроорганизмов в различных агроэкологических зонах.

В процессе исследований на ЦЭБ УзНИИХ по вариантам опыта в отобранных образцах почвы определяли общее количество и групповой состав микрофлоры. В лабораторных условиях изучали нитрификационный процесс почвы (табл. 5).

Таблица 5  
Влияние капельного орошения на количественный состав микрофлоры (млн. в 1 г сухой почвы)

| Вариант опыта | Годовая норма удобрений |                               |                  | МПА (мясо-пептонный агар) |       |              | Чапека (N в виде минеральной формы) |       |              |
|---------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-------|--------------|-------------------------------------|-------|--------------|
|               | N                       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | бактерии                  | грибы | актиномицеты | бактерии                            | грибы | актиномицеты |
| 1             | 240                     | 150                           | 120              | 2,5                       | 0,20  | 0,15         | 4,6                                 | 0,4   | 0,20         |
| 2             | 240                     | 150                           | 120              | 5,1                       | 0,35  | 0,30         | 5,8                                 | 0,3   | 0,25         |

Примечание. В среде МПА азот находится в органической форме; в среде Чапека – в минеральной.

Как видно, количество бактерий в твердых питательных средах с различными источниками азотного питания по вариантам не одинаково.

Рассматривая развитие отдельных физиологических групп микроорганизмов (табл.6), можно отметить, что благоприятные условия для микробиологических процессов с участием аммонофикаторов, аэробноцеллюлозных, нитрификаторов и азотобактера создаются в почве в вариантах капельного орошения.

Следует также отметить, что по количеству денитрификаторов контрольный вариант превзошел опытный. Это свидетельствует о том, что при капельном орошении газообразные потери азота меньше, чем при поверхностном орошении

Таблица 6

Влияние капельного орошения на физиологические группы микроорганизмов

| Вариант полива          | Аммо-<br>ни-<br>фика-<br>торы | Дени-<br>три-<br>фика-<br>торы | Нитри-<br>фика-<br>торы | Азото-<br>бактер | Аэробно-<br>целлюлозные |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
| Бороздковый             | $10^5$                        | $10^7$                         | $10^4$                  | $10^4$           | $10^3$                  |
| Капельное оро-<br>шение | $10^7$                        | $10^5$                         | $10^6$                  | $10^5$           | $10^6$                  |
| Капельное оро-<br>шение | $10^6$                        | $10^4$                         | $10^5$                  | $10^5$           | $10^4$                  |

В лабораторном опыте изучалась нитрификационная способность почвы путём внесения дополнительного органического вещества.

Известно, что процесс нитратного накопления является показателем обобщенной деятельности микрофлоры, участвующей в процессах превращения и минерализации азотсодержащих веществ.

Как видно из табл.7, минерализация азота, заключенного в почве, при капельном орошении увеличивается в большей степени. К концу вегетации хлопчатника самое большое количество нитра-

тов за счет азота почвы накоплено в опытном варианте – 0,565 против 0,456 мг/100 г почвы в контрольном варианте.

Минерализация органического вещества, внесенного в почву с гороховой мукой, более эффективно происходит в варианте капельного орошения. В контрольном варианте накопилось азота нитратов 7,82 мг, а в опытном 9,12 мг/100 г почвы, т.е. нитрификационная способность почвы при капельном орошении проявляется более интенсивно.

Таблица 7

Нитрификационная способность почвы, мг/100 г почвы

| Вариант полива     | Исходное содержание | Накоплено за 15 суток |                             |                               |
|--------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
|                    |                     | при увлажнении        | при внесении гороховой муки | при внесении аммиачного азота |
| Бороздковый        | 0,142               | 0,456                 | 7,82                        | 28,4                          |
| Капельное орошение | 0,146               | 0,565                 | 9,12                        | 33,0                          |

Таким образом, можно отметить, что при капельном орошении усиливается микробиологическая деятельность почвы. При оптимальном режиме влажности создаются благоприятные условия для полезных групп микроорганизмов. Увеличивается общее количество бактерий, а также физиологические группы – нитрификаторы, аммонификаторы и аэробно-целлюлозные.

Из результатов проведенных наблюдений и исследований можно сделать следующие выводы.

1. Поливы хлопчатника системой капельного орошения в значительно меньшей степени уплотняют корнеобитаемый слой почвы (до 1,28–1,33 г/см<sup>3</sup>) по сравнению с поливами постоянной струей по бороздам (до 1,38–1,54 г/см<sup>3</sup>).

2. Использование СКО сокращает количество междурядных обработок почвы в течение вегетации на 60–80%, что способствует увеличению скважности корнеобитаемого слоя почвы на 8–10%, общей порозности и водопроницаемости.

3. Капельное орошение способствует сохранению агрономически наиболее ценных фракций почвенных агрегатов в верхнем пахотном слое почвы, тогда как при обычном бороздковом поливе, сопровождающемся рыхлением почвы междурядий в ходе проведения культиваций, создается комковатоглыбистая пылеватая структура, ухудшающая агрофизические показатели почвы.

4. Капельное орошение хлопчатника, улучшая водно-воздушный режим почвы, активизирует её микробиологическую деятельность.

Г.А.Безбородов, д.т.н.  
Б.С.Камилов, к.с.-х.н.  
(УзНИИ хлопководства АСХН)

### ВОДНЫЙ И ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ХЛОПЧАТНИКА

Исследования по разработке водного режима и режима минерального питания хлопчатника при капельном орошении проводились на участке хлопковой старопашки с большими уклонами местности — 0,015, где трубочки-увлажнители длиной 170 м уложены по максимальному уклону местности, а также на участке трехлетней люцерны в первый год после распашки, где трубочки-увлажнители длиной 60 м уложены по минимальному уклону местности 0,006. Почвы опытных участков по мехсоставу тяжелосуглинистые. На участках выращивался хлопчатник сорта С-6524, ширина междурядий — 60 см, трубочки-увлажнители системы "Агродрип" укладывались в заколесные борозды, т.е. с расстоянием 1,2 м. Опыт проводился в трехкратной повторности, каждая делянка опыта включала 8 рядков хлопчатника.

Характеристика вариантов опыта приведена в табл. I.

Таблица I

Схема опыта

| Вариант<br>опыта | Полив | Режим пред-<br>поливной<br>влажности<br>почвы, % НВ | Годовая норма минеральных<br>удобрений, кг/га |
|------------------|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|------------------|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|

#### Хлопковая старопашка

|   |                           |          |                          |
|---|---------------------------|----------|--------------------------|
| 1 | По бороздам<br>(контроль) | 70-70-60 | № 240, P170, K120 (100%) |
| 2 | СКО                       | 70-70-60 | № 240, P170, K120 (100%) |
| 3 | СКО                       | 70-70-60 | № 120, P85, K60 (50%)    |
| 4 | СКО                       | 80-80-60 | № 240, P170, K120 (100%) |
| 5 | СКО                       | 80-80-60 | № 120, P85, K60 (50%)    |

Все полевые и лабораторные исследования проведены по методике СоюзНИИ.

Исследованиями установлено, что объемная масса пахотного слоя (0-30 см) невысокая -  $1,30-1,35 \text{ г/см}^3$ , подпахотного (30-50 см) резко возрастает до  $1,50-1,60 \text{ г/см}^3$ , удельная масса соответственно  $2,68-2,72 \text{ г/см}^3$ , общая порозность  $52,5-48,8\%$ .

Гидрофизические показатели почвогрунтов следующие: наименьшая или предельная полевая влагоемкость (ППВ) в корнеобитаемом 0-100-сантиметровом слое составляет  $19,5-20,6\%$ , естественная влажность -  $16,6-17,0\%$ , в 0-30-сантиметровом слое до  $17,2-19,0\%$ , в слое 30-50 см и нижележащих горизонтах из-за обильных осадков она приближается к ППВ. Водопроницаемость почвы в течение 6 ч. в среднем за час варьировала от 0,11 до 0,35 мм/мин.

Агрохимические свойства почвы типичны для староорошаемых сероземов: содержание гумуса в слое 0-50 см составляет  $1,04-1,05\%$ , валового фосфора -  $0,12-0,13\%$ .

Режим орошения хлопчатника сформировался, исходя из заданной схемы опыта предполивной влажности и расчетного слоя почвы (табл.2).

Полученные данные свидетельствуют о большей эффективности капельного орошения по сравнению с бороздковым поливом. Так, если при поливе по бороздам оросительная норма брутто составила  $5300 \text{ м}^3/\text{га}$ , то при капельном орошении -  $2577 \text{ м}^3/\text{га}$  на старопашке и  $1530 \text{ м}^3/\text{га}$  по пласту люцерны. Таким образом, экономия оросительной воды в первом случае составила  $51,4\%$ , во втором -  $71,1\%$ .

Режим минерального питания хлопчатника обусловлен степенью растворимости удобрений. Труднорастворимые фосфорные (аммофос) и калийные (хлористый калий) минеральные удобрения были внесены под зябь в полном объеме согласно схеме опыта.

Азотные же удобрения (аммиачная селитра) внесены с оросительной водой с помощью гидроподкормщика, установленного на насосной станции. Гидроподкормщик работает по принципу эжектирования, его конструкция заимствована из дождевального комплекта КИ-50 "Радуга".

Таблица 2

Режим орошения, нормы и сроки поливов хлопчатника,  
возделываемого по пласту люцерны

| Ва-<br>ри-<br>ант | Показатель                                | Полив |       |       |      |       |      |
|-------------------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|
|                   |                                           | 1     | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    |
| 1                 | Дата полива                               | 2.06  | 6.07  | 19.07 | 2.08 | 19.08 | 3.09 |
|                   | Продолжительность<br>полива, ч            | 3,3   | 15    | 15    | 15   | 15    | 10   |
|                   | Поливная норма, м <sup>3</sup> /га        | 300   | 260   | 260   | 260  | 260   | 190  |
|                   | Оросительная норма,<br>м <sup>3</sup> /га | 1530  |       |       |      |       |      |
| 2                 | Дата полива                               | 2.06  | 7.07  | 20.07 | 3.08 | 20.08 | 3.09 |
|                   | Продолжительность<br>полива, ч            | 3,3   | 15    | 15    | 15   | 15    | 10   |
|                   | Поливная норма, м <sup>3</sup> /га        | 300   | 260   | 260   | 260  | 260   | 190  |
|                   | Оросительная норма,<br>м <sup>3</sup> /га | 1530  |       |       |      |       |      |
| 3                 | Дата полива                               | 2.06  | 12.07 | 24.07 | 6.08 | 23.08 | 3.09 |
|                   | Продолжительность<br>полива, ч            | 3,3   | 15    | 15    | 15   | 15    | 10   |
|                   | Поливная норма, м <sup>3</sup> /га        | 300   | 260   | 260   | 260  | 260   | 190  |
|                   | Оросительная норма,<br>м <sup>3</sup> /га | 1530  |       |       |      |       |      |

Таблица 3

Режим орошения, сроки и нормы поливов хлопчатника  
(хлопковая старопашка)

| Ва-<br>ри-<br>ант | П о л и в          |                     |                      |                      |                         |                     |                     |                     |                     | Оросит.<br>норма,<br>м <sup>3</sup> /га |
|-------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------------|
|                   | 1                  | 2                   | 3                    | 4                    | 5                       | 6                   | 7                   | 8                   | 9                   |                                         |
| 1                 | $\frac{3.06}{700}$ | $\frac{9.07}{1050}$ | $\frac{20.07}{1100}$ | $\frac{13.08}{1050}$ | $\frac{6.09^{*})}{600}$ |                     |                     |                     |                     | $\frac{4500^{**})}{5300}$               |
| 2                 | $\frac{4.06}{250}$ | $\frac{11.07}{365}$ | $\frac{22.07}{460}$  | $\frac{6.08}{400}$   | $\frac{17.08}{500}$     | $\frac{4.09}{400}$  |                     |                     |                     | 2375                                    |
| 3                 | $\frac{4.06}{250}$ | $\frac{11.07}{365}$ | $\frac{22.07}{460}$  | $\frac{6.08}{400}$   | $\frac{17.08}{500}$     | $\frac{4.09}{400}$  |                     |                     |                     | 2375                                    |
| 4                 | $\frac{4.06}{250}$ | $\frac{29.06}{300}$ | $\frac{14.07}{285}$  | $\frac{24.07}{270}$  | $\frac{3.08}{318}$      | $\frac{14.08}{305}$ | $\frac{23.08}{310}$ | $\frac{30.08}{288}$ | $\frac{10.09}{250}$ | 2577                                    |
| 5                 | $\frac{4.06}{250}$ | $\frac{29.06}{300}$ | $\frac{14.07}{285}$  | $\frac{24.07}{270}$  | $\frac{3.08}{318}$      | $\frac{14.08}{305}$ | $\frac{23.08}{310}$ | $\frac{30.08}{288}$ | $\frac{10.09}{250}$ |                                         |

Примечание. \*) в числителе дата полива,  
в знаменателе поливная норма, м<sup>3</sup>/га

жж) в числителе норма нетто,  
в знаменателе брутто

В табл.4 приведены сроки и дозы внесения азота. Как видно из табл., годовая норма азота внесена в 4 подкормки, приуроченные к двум фазам развития хлопчатника – бутонизация и цветение-плодообразованию. В связи с пересевом и запоздалым развитием хлопчатника последняя подкормка проведена 2.08.93.

Таблица 4

Сроки и дозы внесения азотных удобрений при капельном орошении хлопчатника

| Ва-<br>ри-<br>ант | Показатели              | Номер подкормки |       |       |      | Годовая<br>доза азо-<br>та минер.<br>удоб.,<br>кг/га |
|-------------------|-------------------------|-----------------|-------|-------|------|------------------------------------------------------|
|                   |                         | 1               | 2     | 3     | 4    |                                                      |
| 1                 | Срок внесения удобрений | 1.06            | 6.07  | 19.07 | 2.08 |                                                      |
|                   | Доза удобрений, кг/га   | 40              | 70    | 70    | 60   | 240                                                  |
| 2                 | Срок внесения удобрений | 1.06            | 12.07 | 24.07 | 6.07 |                                                      |
|                   | Доза удобрений, кг/га   | 40              | 50    | 50    | 40   | 180                                                  |
| 3                 | Срок внесения удобрений | 1.06            | 7.07  | 20.07 | 3.08 |                                                      |
|                   | Доза удобрений, кг/га   | 40              | 30    | 30    | 20   | 120                                                  |

Для изучения динамики питательных элементов почвы при капельном орошении хлопчатника в разные сроки вегетационного периода брались образцы почвы послойно на глубину до 50 см и в них определялось содержание подвижных форм азота, фосфора и калия. Результаты анализов приведены в табл.5.

Как видно, в пахотном слое почвы в среднем за период наблюдений максимальное содержание азота и фосфора приходится на первый вариант и только по содержанию калия первый вариант уступает второму. Такая же закономерность наблюдается и в слое почвы 3-50 см. Следовательно, максимальной дозе внесенных растворимых удобрений соответствует наибольшее их содержание в почве при условии локального внесения и отсутствии их переноса и выноса с поля сбросной водой.

Таблица 5

Содержание подвижных форм питательных элементов в почве на хлопковом поле, кг/га (пласт люцерны)

| Слой почвы, см | 28.04         |                        | 13.07                |               | 2.08                   |                      | 20.08         |                        | 9.09                 |               |
|----------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------|------------------------|----------------------|---------------|
|                | $\text{NO}_3$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{NO}_3$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{NO}_3$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ | $\text{NO}_3$ |
| Вариант 1      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |
| 0-30           | 11,56         | 24,4                   | 164                  | 32,7          | 50,7                   | 203,1                | 44,9          | 36,0                   | 153,3                | 22,2          |
| 0-50           | 8,48          | 23,9                   | 160                  | 23,97         | 39,06                  | 190,3                | 27,3          | 30,3                   | 149,5                | 15,7          |
| Вариант 2      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |
| 0-30           | 11,56         | 24,4                   | 164                  | 27,3          | 46,3                   | 224,6                | 21,1          | 36,9                   | 193,5                | 31,8          |
| 0-50           | 8,48          | 23,9                   | 160                  | 20,3          | 31,7                   | 188,5                | 19,7          | 29,8                   | 174,1                | 22,5          |
| Вариант 3      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |
| 0-30           | 11,56         | 24,4                   | 164                  | 24,2          | 35,7                   | 195,5                | 26,9          | 36,0                   | 147                  | 25,9          |
| 0-50           | 8,48          | 23,9                   | 160                  | 18,2          | 26,8                   | 176                  | 19,2          | 29,5                   | 139                  | 26,5          |
| Вариант 4      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |                        |                      |               |
| 0-30           | 11,56         | 24,4                   | 164                  | 24,2          | 35,7                   | 195,5                | 26,9          | 36,0                   | 147                  | 25,9          |
| 0-50           | 8,48          | 23,9                   | 160                  | 18,2          | 26,8                   | 176                  | 19,2          | 29,5                   | 139                  | 26,5          |

На участке хлопковой старопашки 10.09.93 г. провели учет зараженных вертициллезным вилтом растений хлопчатника. В первом варианте опыта поражено 30,4% растений, во втором - 30, в третьем - 10, четвертом - 35, пятом - 10,3%. Приведенные данные показывают, что высокие дозы минеральных удобрений, независимо от способа полива и режима предполивной влажности, способствуют развитию инфекции вилта и большему поражению хлопчатника.

Данные учета урожая приведены в табл.6. В опытах, заложенных на ЦЗБ УзНИИХ, третий сбор (курачный) из-за плохих погодных условий года провели в декабре. Максимальный урожай хлопко-сырца получен в вариантах с максимальной нормой минеральных удобрений. По сравнению с вариантом бороздкового полива в сопоставимом варианте капельного орошения получена прибавка урожая хлопко-сырца в размере 3,2 ц/га (9,6%).

По качеству хлопок-сырец, полученный на хлопковой старопашке при капельном орошении, лучше, чем в варианте бороздкового полива, что особенно проявляется в выходе волокна. В одном из лучших вариантов (во втором) выход волокна составил 36,3%, против 33% на контроле. На участке пласта лещерны качество волокна в первых двух вариантах оказалось практически одинаковым и несколько лучше, чем в третьем варианте (34,5-35%).

Таким образом, хлопок-сырец лучшего качества можно получить при условии внесения под хлопчатник полной 100%-ной дозы минеральных удобрений.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Максимальный урожай хлопко-сырца 36,4 ц/га в условиях ранней и дождливой осени при пересеве хлопчатника получен на хлопковой старопашке при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80-80-60% НВ, оросительной норме 2577 м<sup>3</sup>/га и полной годовой норме NPK 240, 170, 120 кг/га.

2. По сравнению с бороздковым поливом капельное орошение хлопчатника обеспечивает экономию оросительной воды в размере 51,4%, прибавку урожая хлопко-сырца лучшего качества, равную 3,2 ц/га (9,6%).

Таблица 6

Урожай хлопка-сырца по сборам, ц/га

| Вариант | С б о р |   |                 | Всего |
|---------|---------|---|-----------------|-------|
|         | 1       | 2 | 3<br>(курачный) |       |

## Хлопковая старопашка

|   |      |     |      |      |
|---|------|-----|------|------|
| 1 | 10,0 | 9,3 | 13,9 | 33,2 |
| 2 | 16,4 | 8,7 | 10,0 | 35,1 |
| 3 | 16,7 | 7,9 | 9,8  | 34,4 |
| 4 | 16,7 | 7,9 | 11,8 | 36,4 |
| 5 | 17,4 | 6,2 | 10,0 | 33,6 |

 $E = 0,81$  ц/га,  $P = 2,3\%$ 

## Пласт люцерны

|   |     |      |      |      |
|---|-----|------|------|------|
| 1 | 9,5 | 10,0 | 12,1 | 31,6 |
| 2 | 9,3 | 9,1  | 10,0 | 28,9 |
| 3 | 8,5 | 9,1  | 10,0 | 27,8 |

 $E = 1,04$  ц/га  $P = 3,3\%$

3. В условиях хлопкового севооборота при капельном орошении хлопчатника в 1993 г. снижение норм минеральных удобрений привело к потере урожая хлопка-сырца: на хлопковой старспашке на 0,7-2,8 ц/га; по пласту люцерны на 2,7-3,8 ц/га.

УДК 631.67.03:626.844

Г.А.Безбородов, д.т.н.  
Б.С.Камилов, к.с.-х.н.  
Ю.Эсанбеков  
(УзНИИ хлопководства АСХН)

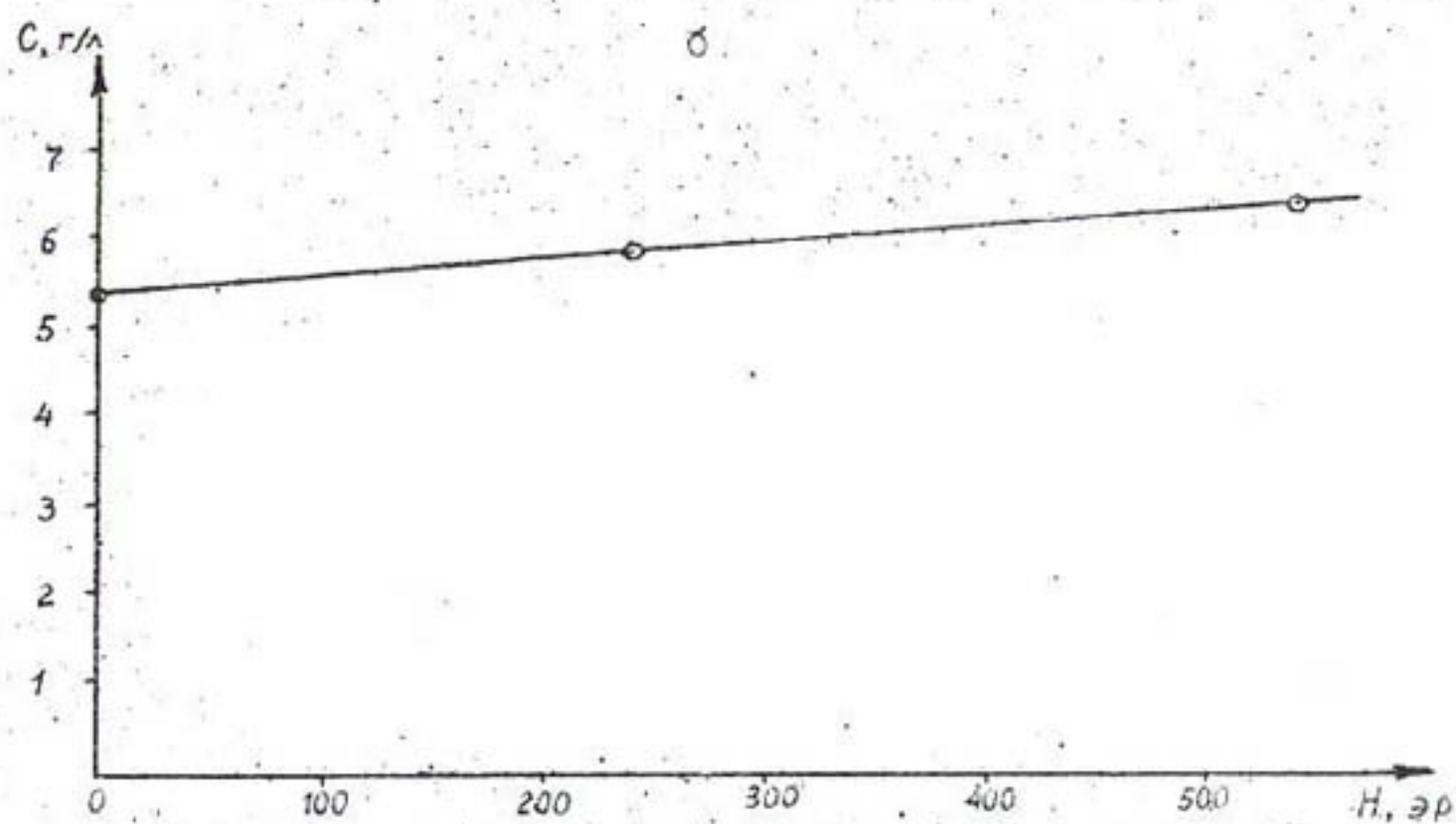
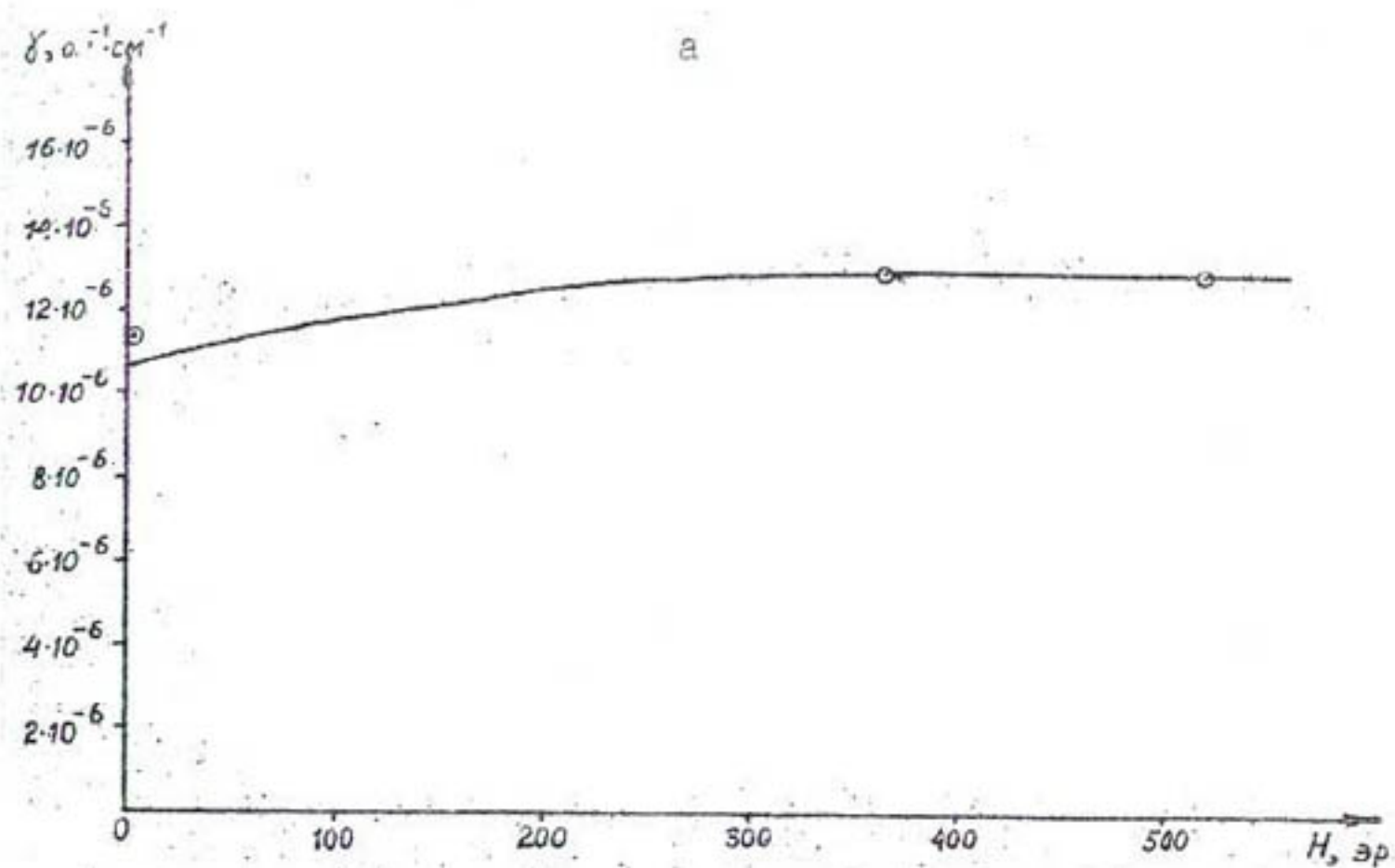
### ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ ХЛОПЧАТНИКА

Проведенные в стране и за рубежом полевые и лабораторные опыты показали высокую эффективность использования активированной воды при поверхностном поливе и дождевании различных сельскохозяйственных культур.

В системах капельного орошения активированная вода подается к растениям практически без снижения приобретенных ею новых реологических свойств, что является большим преимуществом этих систем.

В лаборатории УзНИИХ проведены исследования для определения влияния электромагнитного поля на свойства жидкости, почвы и семян хлопчатника. На рисунке приведены результаты опытов по установлению зависимости электропроводимости 0,01%-ного раствора аммиачной селитры и концентрации нитратов в жидкости от напряженности электромагнитного поля.

Как видно из рисунка, удельная электропроводимость раствора с ростом напряженности поля увеличивается и при достижении напряженности 450 эрстед остается постоянной на уровне  $13 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$  (рис., а). В то же время концентрация нитратов в растворе стабильно, с ростом напряженности поля, растёт (рис., б). Это является свидетельством того, что чем выше напряженность поля, тем лучше растворяется аммиачная селитра. Полученные данные дают основание считать наилучшим значением напряженности поля 1000



Влияние электромагнитной обработки:

а) на электропроводность 0,01%-ного раствора аммиачной селитры;

б) на концентрацию ионов  $\text{NO}_3^-$  0,01%-ного раствора аммиачной селитры.

Таблица I

Влияние омагниченной воды и 0,01%-ного раствора аммиачно-селитры на природные объекты

| Показатели                                                         | Сбывшая вода            |                            | 0,01%-ный раствор аммиачно-селитры |                                             | 0,01%-ный раствор аммиачно-селитры              |                         |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                    | исходная вода           | омагниченная исходная вода | изменение показателя, %            | исходный 0,01%-ный раствор аммиачно-селитры | омагниченный 0,01%-ный раствор аммиачно-селитры | изменение показателя, % |
| Удельная электропроводность, $\text{ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ | 10,0 · 10 <sup>-6</sup> | 10,5 · 10 <sup>-6</sup>    | +5,0                               | 12,3 · 10 <sup>-6</sup>                     | 13 · 10 <sup>-6</sup>                           | +6                      |
| Концентрация нитратов, г/л                                         | -                       | -                          | -                                  | 5,4                                         | 6,5                                             | +20                     |
| Вязкость (скорость падения шарика), м/с                            | 0,0295                  | 0,0296                     | +3,0                               | 0,028                                       | 0,0298                                          | +6                      |
| Всхожесть семян хлопчатника, %                                     | 77,5                    | 81,7                       | +4,2                               | 71,5                                        | 79,5                                            | +8                      |
| Длина корней хлопчатника, мм                                       | 43,1                    | 45,0                       | +4,0                               | 42,5                                        | 45,2                                            | +6                      |
| Водопроницаемость почвы, м/ч                                       | 0,03                    | 0,029                      | -3,4                               | 0,027                                       | 0,023                                           | -15                     |
| Плотный остаток, г/л                                               | 0,275                   | 0,442                      | +49,0                              | 5,640                                       | 5,625                                           | -0,3                    |

эрстед.

Для установления влияния электромагнитной обработки на реологические свойства жидкости и омагниченной воды на водопроницаемость почвы и всхожесть семян провели анализ водной вытяжки исходной воды:  $\text{HCO}_3$  - 0,032 г/л;  $\text{Cl}$  - 0,07 г/л;  $\text{SO}_4$  - 0,019;  $\text{Ca}$  - 0,12 г/л;  $\text{Mg}$  - 0,012 г/л; плотный остаток - 0,275 г/л. Результаты обработки воды такого качества и её воздействие на природные объекты приведены в табл. I.

Как видно, обработка чистой воды магнитным полем в незначительной степени влияет на её реологические свойства - удельную электропроводность и вязкость. В то же время существенно увеличивается плотный остаток. В соответствии с существующей гипотезой биологическая активность обрабатанной жидкости повышается с увеличением в ней количества солей, так как под влиянием магнитного поля происходят поляризация ионов и их деформация, сопровождающиеся уменьшением их сольватации, сближением и образованием центра кристаллизации.

Обработка раствора аммиачной селитры магнитным полем резко (на 20%) повышает концентрацию нитратов, в то же время водопроницаемость тяжелосуглинистой почвы уменьшается на 15%, что обусловлено повышением на 6% вязкости омагниченного раствора.

Таблица 2

Схема опыта капельного орошения хлопчатника

| Вариант!<br>опыта ! | Полив                                             | !Норма минеральных<br>!удобрений, % |
|---------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1                   | Обычной водой                                     | 100                                 |
| 2                   | То же                                             | 50                                  |
| 3                   | Омагниченной водой                                | 50                                  |
| 4                   | Омагниченной водой с добавлением углекислого газа | 50                                  |
| 5                   | Обычной водой                                     | 75                                  |
| 6                   | Омагниченной водой                                | 75                                  |
| 7                   | Омагниченной водой с добавлением углекислого газа | 75                                  |

Таким образом, результаты проведенных лабораторных исследований указывают на восприимчивость объектов природы к обработке магнитным полем, возможность контролировать степень влияния магнитного поля на объекты, что даёт основание ожидать получения положительных результатов при орошении хлопчатника водой и раствором минеральных удобрений с помощью системы капельного орошения.

Полевой опыт проведен на Центральной экспериментальной базе УзНИИХ в 1993 г. Сорт выращиваемого хлопчатника С-6524. Опыт состоял из семи вариантов, в которых хлопчатник при различных дозах минеральных удобрений поливался с помощью системы капельного орошения обычной, омагниченной водой и омагниченной водой с растворенным в ней углекислым газом (табл.2).

В период от посева до уборки урожая хлопка-сырца проводились агрохимические и агрофизические исследования почвы по вариантам полива. Эти исследования показали, что в вариантах, где поливы производились омагниченной водой и с углекислым газом, содержание подвижной формы питательных элементов выше, чем в вариантах с обычной водой; в среднем на 15-20%.

В течение вегетационного периода проведены шесть поливов: первый по бороздам, остальные пять по системе капельного орошения. Оросительная норма хлопчатника составила 1530 м<sup>3</sup>/га. Фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника показали, что во всех вариантах опыта с поливом активированной водой развитие хлопчатника происходило интенсивнее, чем при поливе обычной водой (табл.3).

При поливе активированной водой хлопчатник по росту и развитию опережает растения, орошаемые обычной водой. Накопленные в течение года преимущества в развитии хлопчатника сказались на урожае хлопка-сырца: 31,6; 27,4; 30,5; 32,9; 29,9; 33,4; 34,3 ц/га соответственно по вариантам опыта. При существенной экономии оросительной воды и минеральных удобрений орошение активированной водой увеличивает урожай хлопка-сырца на 4,4%.

С собранного урожая были отобраны семена для определения влияния орошения омагниченной жидкостью и углекислого газа на их масличность.

Таблица 3

## Рост и развитие хлопчатника

| Вариант опыта | 15 июня                          | 1 июля                           | 1 августа                        |                            | 1 сентября                  |
|---------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|               | высота<br>главного<br>стебля, см | высота<br>главного<br>стебля, см | высота<br>главного<br>стебля, см | кол-во<br>коробочек<br>шт. | кол-во<br>коробочек,<br>шт. |
| 1             | 10,6                             | 23,1                             | 60,0                             | 1,06                       | 9,6                         |
| 2             | 10,6                             | 20,8                             | 60,0                             | 0,74                       | 8,0                         |
| 3             | 10,6                             | 22,4                             | 61,4                             | 0,92                       | 9,2                         |
| 4             | 10,6                             | 22,2                             | 62,1                             | 1,32                       | 9,7                         |
| 5             | 10,6                             | 22,15                            | 60,1                             | 1,16                       | 8,6                         |
| 6             | 10,6                             | 21,7                             | 63,2                             | 1,4                        | 10,2                        |
| 7             | 10,6                             | 21,9                             | 65,4                             | 1,1                        | 10,2                        |

Таблица 4

## Показатели качества семян хлопчатника

| Вариант опыта                                                           | Норма минераль-<br>ных удобрений,<br>кг/га | Масса<br>семян,<br>ц/га | Масса<br>ядра,<br>ц/га | Маслич-<br>ность<br>ядра,<br>% | Выход<br>масла,<br>кг/га |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Обычная вода                                                            | N 180 P 120 K 90                           | 11,5                    | 6,3                    | 37,3                           | 235,3                    |
|                                                                         | N 180 P 120 K 90                           | 11,9                    | 6,5                    | 36,9                           | 240,8                    |
| Омагниченная<br>вода                                                    | N 120 P 85 K 60                            | 13,1                    | 7,3                    | 38,3                           | 279,6                    |
|                                                                         | N 180 P 120 K 90                           | 14,1                    | 7,3                    | 36,8                           | 268,3                    |
| Омагниченная<br>вода с раство-<br>ренным в ней<br>углекислым га-<br>зом | N 120 P 85 K 60                            | 14,6                    | 7,7                    | 37,4                           | 287,9                    |
|                                                                         | N 180 P 120 K 90                           | 14,9                    | 7,9                    | 36,8                           | 286,8                    |

Результаты лабораторных анализов семян приведены в табл.4.

Как видно, при орошении хлопчатника омагниченной водой и растворенным в ней углекислым газом масса семян, ядра и масла на II-IV, 5% выше, чем при орошении обычной водой.

Результаты проведенных исследований показывают, что обработка оросительной воды с растворенными в ней удобрениями и углекислым газом электромагнитным полем напряженностью 600 эрстед оказывает положительное влияние на рост и развитие хлопчатника, урожай хлопка-сырца, качество урожая и, тем самым, способствует повышению экономической эффективности капиталоемкой системы капельного орошения.

УДК 626.844:632.5

И.С.Урунов, О.Т.Эшматов,  
Т.К.Хасанов, Л.Р.Мухамедов,  
А.Ю.Илдаров  
(УзНИИЗР АСХН)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ВРЕДНЫЕ НАСЕКОМЫЕ, БОЛЕЗНИ И СОРНЯКИ В ПОСЕВАХ ХЛОПЧАТНИКА

Стабильность урожаев сельскохозяйственных культур во многом зависит от технологии их возделывания.

Применение капельного орошения как прогрессивной технологии возделывания хлопчатника требует решения многих проблем, в том числе изучения видового состава, развития и вредоносности вредителей, болезней, а также сорной растительности.

С целью решения этих вопросов в 1993 г. были проведены специальные исследования на хлопковых полях колхоза "Ок-арик" Ферганского района Ферганской области, возделываемых по технологии капельного орошения.

Видовой состав вредных организмов определяли путём обследования и сбора материалов на стационарных участках с помощью энтомологических сачков. Собранные материалы обработаны в лабораторных условиях УзНИИЗР. Видовой состав насекомых определяли по "Определению вредных и полезных насекомых и клещей хлоп

чатника в СССР" (Ленинград, 1987). Динамику развития насекомых изучали путём систематического учета по методике СоюзНИХИ (1986). При учете численности тли, паутинного клеща и трипса просматривали 100 растений (20 проб в шахматном порядке). На каждом растении обследовали все листья и устанавливали количество вредителей на листьях. После этого на трех листьях (по одному из верхнего, среднего и нижнего ярусов) подсчитывали число вредителей по фазам развития с помощью 7-10-кратной лупы. При учете численности хлопковой совки также просматривали 100 растений (20 проб по 5 растений в шахматном порядке). На всех растениях каждой пробы подсчитывали яйца и гусеницы вредителя по возрастам.

Учет сорняков, поражаемости хлопчатника корневым гнилем, гоммозом, вилтом и фенологические наблюдения за хлопчатником осуществлялись по методике "Полевых и вегетационных опытов с хлопчатником в условиях орошения" (Ташкент, 1973).

По результатам исследований, проведенных с целью определения изменения видового состава антомофауны, выявлены представители 25 семейств, относящиеся к 9 отрядам насекомых, и 1 вид из паукообразных. Видовую принадлежность некоторых видов не смогли определить. В целом обнаружены представители насекомых и клещей хлопкового агробиоценоза следующих отрядов и семейств: прямокрылые - 14 видов из четырех семейств; равнокрылые - 5 видов из двух семейств; клопы - 5 видов из трех семейств; трипс - 2 вида из двух семейств; жесткокрылые или жуки - 11 видов из трех семейств; чешуекрылые или бабочки - 7 видов из двух семейств; сетчатокрылые - 1 вид, перепончатокрылые - 8 видов из пяти семейств, двухкрылые - 3 вида из трех семейств. Из клещей встречался единственный, но широко распространенный вид - обыкновенный паутинный клещ.

Анализ сравнительных данных по встречаемости энтомофауны на хлопковых полях с различной технологией возделывания показал, что большинство видов, обнаруженных на полях с орошением технологией возделывания, встречалось и на полях с капельным орошением. Исходя из этого, можно сделать вывод, что для формирования хлопкового агробиоценоза технология возделывания существенной роли не играет.

В связи с этим на следующих этапах исследований определялось влияние различной технологии возделывания хлопчатника на биологию и динамику развития вредных организмов (рисунок).

Несмотря на большой список членистоногих, повреждающих хлопчатник, количество объектов, с которыми ведется интенсивная борьба, едва достигает 10. Поэтому изучалась динамика развития следующих основных видов вредных организмов: подгрызающая совка, трипс, тля, паутинный клещ и хлопковая совка.

В нашей зоне зарегистрированы 11 видов совок, повреждающей корневую часть хлопчатника. Среди них наиболее вредоносными являются озимая и восклицательная совки. Эти совки многоядны, но в то же время имеют излюбленные, предпочитаемые культуры и сорняки. Так, восклицательная совка предпочитает люцерну, озимая — хлопчатник.

В исследованиях озимая совка встречалась в незначительном количестве. Максимальная численность наблюдалась на полях как с капельным орошением, так и на обычных посевах в конце мая и не превышала 0,1 экз. на 1 м<sup>2</sup>.

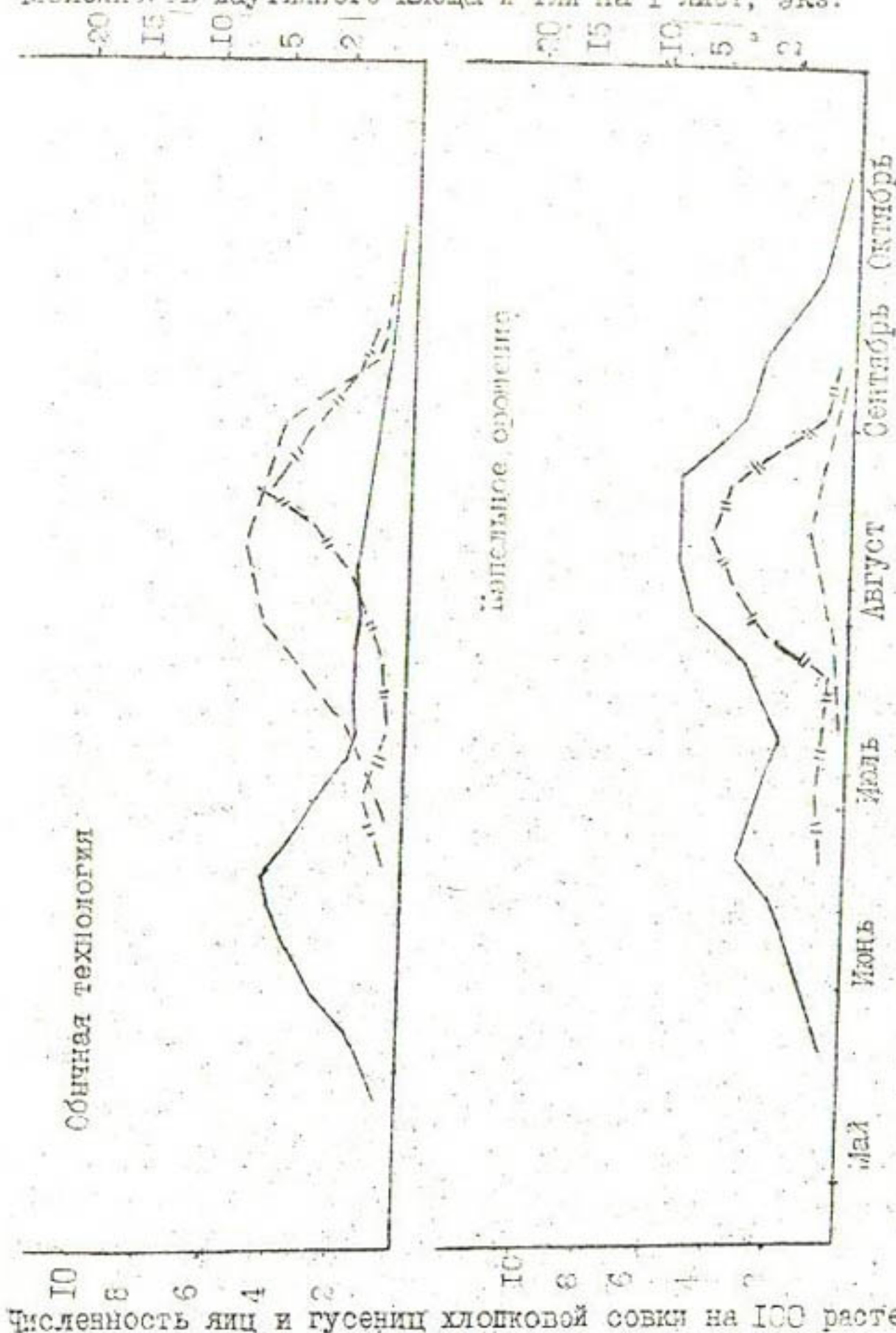
Вредоносность табачного трипса обычно наблюдается в начальный период развития хлопчатника. В период всходов трипсы поселяются на молодых листьях и точках роста. Поврежденные листья приобретают снизу характерный серебристый блеск, а из поврежденных почек появляются листья уродливой формы. После отмирания верхушечной почки часто образуется развилка, растения кустятся, отстают в росте и развитии.

В наших наблюдениях особых отличий в характере повреждений не наблюдалось. Динамика развития прошла одинаково на полях с различной технологией возделывания хлопчатника.

Необходимо отметить, что динамика развития трипсов в 1993 отличалась от предыдущих лет. Обычно с началом бутонизации численность трипсов резко снижается, в исследуемый период их развитие продолжалось до конца августа и существенно повлияло на развитие хлопчатника и в целом на агробиоценоз, хотя их численность не достигала экономического порога вредоносности.

Среди тли, встречающейся на хлопчатнике, наиболее опасны люцерновая, акациевая хлопковая и бахчевая, а также большая хлопковая. Тля поражает хлопчатник путём прокалывания ткани ли-

Численность паутинного клеща и тли на I лист, экз.



Динамика развития хлопковой совки, паутинного клеща и тли на хлопковых полях, возделываемых с различной технологией: — — — — хлопковая совка, — — — паутинный клещ, — — — тля.

стьев, изменения структуры клеточного сока при помощи введенной туда слюны и обезвоживания листьев посредством высасывания растворенных питательных веществ. При сильном заражении листья деформируются и скручиваются, растение сильно отстает в росте. На зараженных растениях урожай может снизиться на 15-20%. В период созревания хлопчатника тля своими выделениями загрязняет и склеивает волокно, что затрудняет переработку хлопка.

Развитие тли на хлопчатнике обычно наблюдается с мая, т.е. с появлением первых настоящих листьев, и продолжается до конца июня, при этом в основном развивается хлопковая и люцерновая тля. В августе наблюдается массовое размножение другого вида тли - большой хлопковой.

Изучение динамики развития тли показало, что на полях с капельным орошением в отличие от полей с обычной технологией массовое развитие хлопковой и акациевой тлей наблюдалось в конце июня и третьей декаде августа. При этом численность большой хлопковой тли была меньше на полях с капельным орошением. Массовое размножение хлопковой тли в августе привело, из-за сладких выделений, к заширению листьев хлопчатника, на нем легко развивались сапрофитные грибы.

Паутинный клещ поселяется и вредит преимущественно на нижней стороне листьев, оплетая их тончайшей паутиной. Вредоносность паутинного клеща зависит от сроков заселения растений и продолжительности его пребывания на них. Чем раньше заражение, тем больше урон. Растения, зараженные в июне, теряют при отсутствии защитных мероприятий 43%, а в августе - 5% урожая.

Заселение клещей на опытных участках начиналось со второй декады июля, первые очаги наблюдались с края полей и постепенно ареал расширялся. Судя по динамике развития вредителя, хлопчатник, возделываемый методом капельного орошения, оказался не по "вкусу" клещу. Максимальное развитие наблюдалось как на полях с капельным орошением, так и на полях, орошаемых обычным способом, в конце второй декады августа, но численность у них была разная. К 20 августа на одном листе хлопчатника в очагах заражения на полях с обычным поливом наблюдалось 7-8 экз., на полях с капельным орошением - 2-2,5 экз. Таким образом, численность клещей на полях не требовала химического вмешательства.

Хлопковая совка — один из основных вредителей хлопчатника — развивается в нескольких поколениях. Большой потенциал размножения, высокая вредоносность и скрытый образ жизни гусениц хлопковой совки значительно осложняют проведение защитных мероприятий. Гусеницы вредителя повреждают плодоземельные растения, которые затем либо засыхают, либо частично или полностью загнивают.

В наших наблюдениях первые яйца хлопковой совки обнаружены в конце первой декады, гусениц — со второй декады июня. Численность первого поколения вредителя не превышала 2-3 гусениц и яиц на 100 растений. Численность третьего (второго хлопкового) поколения вредителя на полях с капельным орошением достигала 6-8 гусениц и яиц, а при обычном орошении — 4-5 гусениц и яиц на 100 растений. Необходимо отметить, что численность вредителя в течение года в обоих случаях не достигала экономического порога.

Погодные условия весны 1993 г. в целом по Узбекистану способствовали развитию корневой гнили, так как затяжные проливные дожди, понижение суточной температуры создали благоприятные условия для развития гриба-возбудителя. При капельном орошении поражаемость (корневой гнилью) составила 3,5%, в то время как при обычном этот показатель равен 4,6%. Следует отметить, что опытные поля находились на расстоянии 700-800 м друг от друга. Почва, где проводилось обычное орошение, состояла из смеси серозема с крупными камнями, тогда как в варианте с капельным орошением из смеси с мелкими камнями. Поэтому различие в поражаемости всходов корневой гнилью мы относим к типу почвы, так как корневая гниль сильнее развивается в более тяжелых почвах.

Пониженные суточные температуры с обилием дождей способствуют развитию гоммоза. При капельном орошении поражаемость листовой формой гоммоза составила 9,3%, стеблевой — 4,5%, коробочки поражились на 0,9%, в варианте же с обычным орошением эти показатели составили 6,1%, 3,2% и 0,3%, соответственно. На наш взгляд, большее поражение при капельном орошении объясняется тем, что при этом создаются благоприятные условия для развития бактерии благодаря постоянной высокой влажности почвы и воздуха.

Из-за того, что для опытов было выбрано хозяйство, которое

в течение многих лет специализировалось на выращивании овощных культур, в первый год возделывания хлопчатника заражение вилтом почти не отмечено, так как инфекция вилта накапливается из года в год там, где постоянно высевается хлопчатник.

Однако следует отметить, что гриб-возбудитель вилта проникает в растения хлопчатника через поврежденные органы корневой системы растений.

При капельном орошении механизмы, повреждающие корневую систему хлопчатника, не применяются, поэтому для борьбы с вилтом данная технология имеет огромное значение. В условиях возделывания хлопчатника при капельном орошении поражаемость растений вилтом очень незначительна - 0,5%.

Поражаемость коробочек болезнями в условиях капельного орошения больше (1,5%) по сравнению с посевом при обычном орошении (0,4%), так как избыточная влажность создаёт благоприятные условия для развития болезней коробочек.

Установлено, что на посевах хлопчатника в Узбекистане встречается около 70 видов разных сорных растений. Наиболее распространены из однолетних - ширица, лебеда, паслен, портулак, гибискус, куриное просо, мышей сизый и зеленый; из многолетних - свинорой, гумай, сыть круглая и вьюнок полевой.

Доказано, что из-за засоренности хлопковых полей хозяйства республики теряют минимум 15-20 процентов урожая. При этом ежегодно на уничтожение сорняков приходится затрачивать большое количество ручного труда.

Изучение влияния капельного орошения на видовой состав сорняков показало, что оно способствует уменьшению численности всех видов однолетних и многолетних сорняков. Особенно заметно снизилась засоренность хлопковых полей такими широко распространенными сорняками, как ширица, лебеда, гумай, свинорой и вьюнок полевой.

Результаты исследований позволяют сделать следующие выводы: агробиоценоз хлопкового поля с капельным орошением не имеет существенного отличия от агробиоценоза хлопковых полей с обычной технологией возделывания;

условия хлопковых полей с капельным орошением положительно влияют на развитие и размножение хлопковой тли и хлопковой совки.

капельное орошение отрицательно влияет на развитие паутинового клеща;

при капельном орошении засоренность хлопкового поля однолетними сорняками снижается до 45-50%; уменьшается заболеваемость хлопчатника вилтом, что при подтверждении в дальнейших исследованиях и проверках имеет большое значение в решении вопроса снижения вредоносности вилта хлопчатника;

при капельном орошении могут возникнуть условия для развития болезней коробочек.

УДК 626.844:631.4

И.А.Закс, к.т.н.  
А.Г.Савицкий, к.т.н.  
Г.В.Стулина, к.б.н.  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНО-СОЛЕВОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

В последнее время в Узбекистане все большее применение находят высокоэффективные и экономичные способы полива. Наряду с совершенствованием собственно бороздкового полива (дискретная и высокочастотная технологии) развивается капельное орошение, широко распространенное во многих странах мира. В то же время такие вопросы, как режимы орошения сельхозкультур при капельном орошении, управление поливами, а также тесно связанные с ними вопросы конструкций систем для условий Узбекистана, недостаточно обоснованы.

Существует множество способов и моделей расчета систем капельного орошения. Основанные на разных принципах, эти модели, как правило, рассчитывают увлажнение в глубину и радиусы увлажнения в зависимости от расхода капельниц, расстояний между ними и расстояниями между увлажнителями [1, 2, 9, 10]. Базой при этом является теория влаго- и солепереноса, как наиболее полно разработанная [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Некоторые авторы [1, 9] пошли по пути поиска упрощенных мо-

делей по расчетам контуров увлажнителей, опираясь только на водно-физические свойства почвогрунтов. Однако следует учесть то обстоятельство, что режимы влажности определяют развитие сельскохозяйственных культур, основным показателем которого является суммарное испарение, формирующееся посредством корневой и вегетативной систем растений. Развитие корневой системы в зависимости от формирования очагов увлажнения при тех или иных параметрах СКО (расходы капельниц, расстояния между увлажнителями и капельницами) в конечном итоге определяют урожайность сельскохозяйственных культур и технико-экономическую эффективность систем. Использование же минерализованных вод на орошение вообще делает невозможным использование методов определения только контуров увлажнения для обоснования параметров СКО. Поэтому в данной статье сформулированы основные принципы расчета урожайности сельскохозяйственных культур на фоне систем капельного орошения. Учитывая, что применение минерализованных вод на орошение представляет собой самостоятельную и довольно сложную проблему, нами сделана попытка создания комплексной модели только для пресных оросительных вод и незасоленных почв.

Предлагаемая модель состоит из трех взаимодействующих блоков: почвенный – атмосферный – растение. Почвенный блок определяет движение влаги и солей в почве и фактически полностью определяет функциональные процессы в растении. Блок "атмосфера" влияет на процессы в растении и, косвенно, в почве – через влагосодержание и транспорт пара в приземном слое и поровом пространстве. Блок "растение" косвенно влияет на почвенный блок через транспирацию из корнеобитаемой зоны. Очень важным является разделение суммарного испарения на составляющие: транспирацию и физическое испарение. В статье достигнуто разделение посредством соответствующих формул и зависимостей. Схема взаимодействия всех трех блоков через потоки влаги приведена на рис. I. Опишем "почвенный блок", в основе которого – закон сохранения массы вещества. Для этого введем понятие относительного безразмерного объемного содержания фаз, равного отношению объема, занимаемого данной фазой, к общему объему пространства:

$$\alpha_i = \frac{W_i}{W_1 + W_2 + W_3} \quad (1)$$

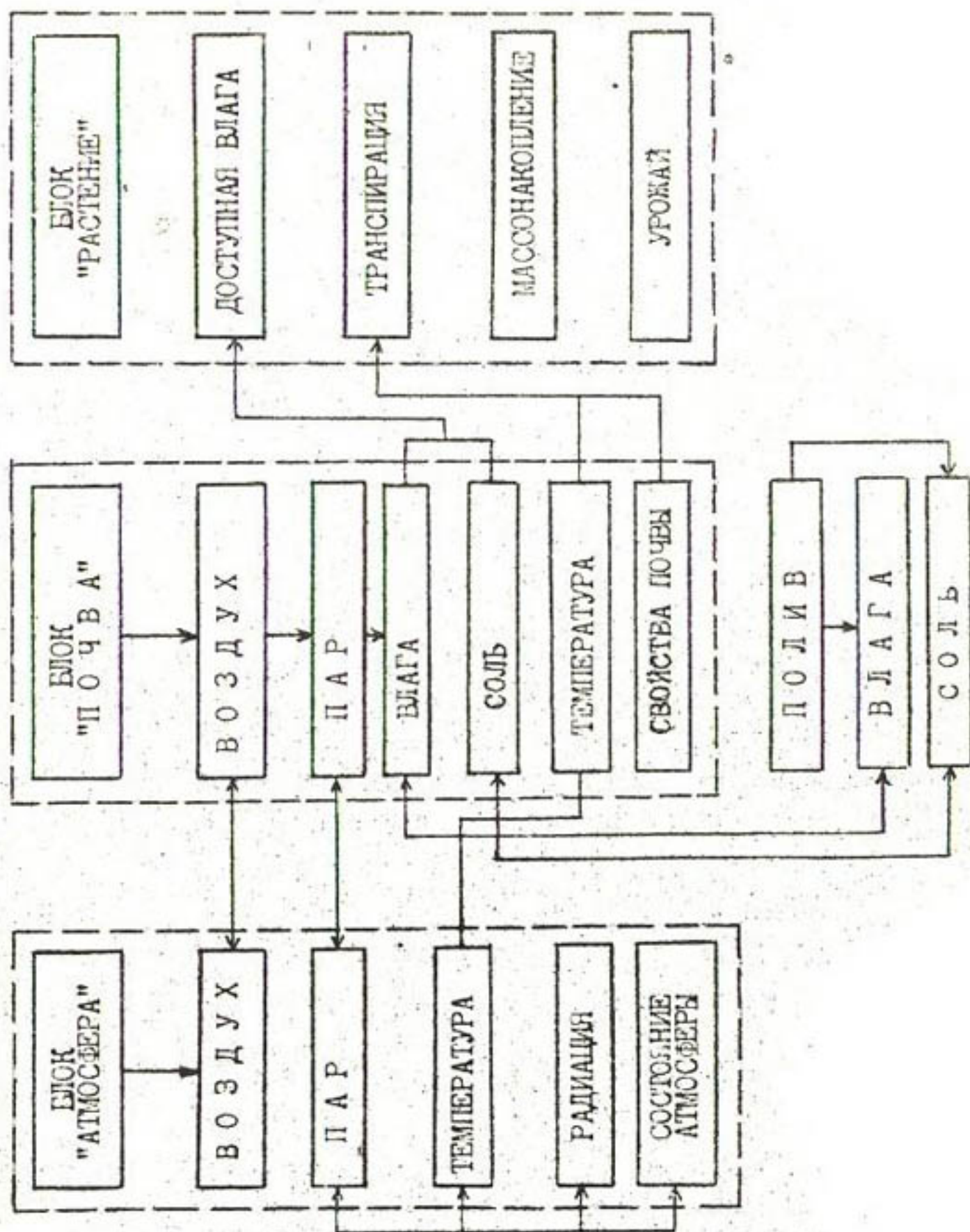


Рис. I. Схема функциональных связей модели водно-солевого режима почв и урожайности сельскохозяйственных культур

где  $W_i$  - объем  $i$ -ой фазы вещества.

Очевидно, что  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ . Можно определить через понятие  $\alpha_1$  следующие соотношения:

$$\Pi = 1 - \alpha_1; \quad \bar{W} = \frac{\alpha_1}{1 - \alpha_3};$$

где  $\Pi$  - пористость почвы;

$\bar{W}$  - степень заполнения порового пространства влагой (объемная влажность).

Запишем уравнение сохранения массы фаз с учетом полученных соотношений для влаги в почве:

$$\frac{\partial \alpha_1}{\partial t} + \operatorname{div} (\vec{V}_1 \cdot \alpha_1) = - (E + T_p), \quad (2)$$

где  $\alpha_1$  - относительное обменное содержание воды в почве;

$\vec{V}_1$  - скорость движения воды в почве;

$E$  - интенсивность внутрипорового испарения в почве (физическое испарение);

$T_p$  - интенсивность отбора влаги корнями растений (транспирация), определение  $T_p$  описано в блоке "растение".

Для воздуха закон сохранения массы запишем в виде

$$\frac{\partial \alpha_2}{\partial t} = \operatorname{div} (\vec{V}_2 \cdot \alpha_2) = \theta, \quad (3)$$

где  $\alpha_2$  - относительное содержание воздуха в почве;

$\vec{V}_2$  - скорость движения воздуха в почве.

Для почвы закон сохранения массы в трехмерном измерении имеет вид

$$\alpha_3 = F(x, y, z), \quad (4)$$

где  $\alpha_3$  - относительная пористость. Собственно пористость равна  $(1 - \alpha_3)$ . Иначе говоря, в каждом объеме почвы находится определенное количество твердого вещества.

Уравнение сохранения импульса для воды имеет вид

$$\frac{\partial \vec{V}_1}{\partial t} = \vec{g} - |\vec{g}| \operatorname{grad} \Phi - \kappa_1 \cdot \vec{V}_1, \quad (5)$$

где  $\vec{g}$  - сила тяготения;

$|\vec{g}|$  - модуль силы тяжести;

$\Phi$  - полный потенциал влаги, являющийся суммой каркасно-матричного и осмотического потенциалов и определяющий величину влаги, доступной растениям.

В уравнении (5) не принимаются во внимание силы, ответственные за трение между слоями воды, движущимися с разными скоростями, а также силы гидростатики, так как в зоне аэрации в данном объеме почвы существует граница раздела "вода" - "воздух", а значит, силам гидростатики негде развиваться.

Зависимости каркасно-матричного почвенного потенциала от влажности довольно хорошо исследованы, могут быть описаны различными зависимостями / 3, 5, 6, 7, 8 / и использованы в модели в зависимости от минералогического, гранулометрического состава почвогрунтов.

$K_1$  - коэффициент межфазного трения, связанный с коэффициентом фильтрации грунта зависимостью

$$K_1 = \frac{|\vec{g}|}{(1 - \alpha_3) \cdot K_{\Phi}} \quad (6)$$

Все уравнения, описанные выше и связанные с законами сохранения, трехмерны. Тем самым моделируется трехмерная задача фильтрации с дискретно расположенным источником влаги, являющимся численным аналогом поливного устройства, способного работать в импульсном режиме (капельница).

Уравнение сохранения импульса для почвы в расчетах не участвует, так как  $V_3 = 0$ , т.е. почва неподвижна. Иначе говоря, импульс скелета почвы равен нулю.

Уравнение сохранения импульса для воздуха в почве можно записать в виде

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \text{div} (\vec{V}_2 \cdot E) = D_E \cdot \Delta E + \ell \rho_1, \quad (7)$$

где  $E$  - влажность воздуха в почве;

$D_E$  - коэффициент диффузии пара в воздухе.

Для расчета физического испарения понадобится группа формул, определяющих фазовый переход почвенной влаги в пар:

$$\Phi_n = K_\Phi (\alpha_1 \cdot \alpha_2)^{2/3} \cdot (E_H - E) / \rho_1, \quad (8)$$

где  $K_\Phi$  - эмпирический коэффициент размерности,

$$K_\Phi = D_E / d_0 ;$$

$d_0$  - диаметр пор грунта;

$D_E$  - коэффициент диффузии пара в воздухе;

$E_H$  - насыщающая влажность воздуха;

$E$  - фактическая влажность воздуха в порах почвы;

$\rho_1$  - плотность воды;

$$E_H = E^* \cdot \exp \left[ \frac{M_1 \cdot L}{R} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1} \right) - K_\pi \frac{[g] \cdot \Phi}{T_1} \right]. \quad (9)$$

Здесь  $E^*$  - насыщающая влажность воздуха при некоторой температуре  $T^0$  и давлении  $P$ ;

$M_1$  - вес одного грамма воды;

$R$  - газовая постоянная;

$L$  - скрытая теплота парообразования;

$K_\pi$  - энергетический коэффициент связи между Джоулем и калорией;

$T_1$  - фактически наблюдаемая температура;

$|g|$  - модуль ускорения силы тяжести;

$\Phi$  - потенциал почвенной влаги.

Опишем граничные условия:

$$E = E_0 |_{z=h_0} ; \quad E |_{z=0} = E_n = E_A |_{z=0} ,$$

где  $h_0$  - высота расположения психрометра;

$E_0$  - показания психрометра;

$z$  - относительная отметка поверхности почвы;

$E_n$  - упругость водяного пара в приповерхностных слоях почвы, получаемая как решение системы благопереноса в почве.

Блок "растение" - самый сложный блок модели. Это живой организм с многочисленными и порой плохо изученными факторами жизни, математическая формализация крайне затруднена. Поэтому зако-

номерности роста и развития растений в основном устанавливаются путём проведения полевых экспериментов.

Основной характеристикой, обуславливающей рост, развитие растений и, в конечном итоге, урожайность, является транспирация. Связывая известные (Дорентос, Маос Гофман) зависимости урожайности сельхозкультур с транспирацией или суммарными испарениями, устанавливают связь между влажностью почвы и урожайностью.

В нашем случае, если известны среднестатистическая зависимость величины урожая от суммы транспирации за вегетационный период и ущемление растений в воде на любом отрезке вегетации, можно вычислить ущерб урожая в конечном результате. Другими словами, на каждой фазе развития растений существует различная их восприимчивость к дефициту влаги, обуславливающая урожайность. Поэтому для расчета урожайности используем зависимость Дженсена [11], связывающую урожайность с транспирацией на каждой фазе развития растений.

$$y_i / y_{max} = \prod_{i=1}^n (T_i / T_{opt})^{\lambda_i}, \quad (10)$$

где  $y_{max}$  - максимальный урожай при оптимальных значениях транспирации  $T_{opt}$ ;

$T_i E$  - текущая транспирация на каждой  $i$ -ой фазе развития растений;

$\lambda_i$  - коэффициент чувствительности к дефициту влаги на  $i$ -ой фазе развития растений.

Для хлопчатника коэффициент чувствительности на каждой декаде, начиная от посева, получен Наириси и Рудзевски [12]. Однако для наших условий, учитывая сортовые особенности хлопчатника, уровень агротехники и другие факторы, эти коэффициенты необходимо уточнить.

Собственно транспирация растениями может быть найдена либо опытным путём, либо описанием при помощи транспирационного коэффициента, показывающего прирост массы растения от транспирированной воды. В общем случае эту зависимость можно записать в виде

$$\frac{dM_p}{dt} = K_2 \cdot T_p - K_3 \cdot M_p, \quad (II)$$

где  $M_p$  — масса растений;  
 $K_2$  — транспирационный коэффициент;  
 $T_p$  — интенсивность транспирации;  
 $K_3$  — коэффициент отмирания живой массы растений (играет существенную роль при длительных дефицитах воды).

Так как транспирация зависит не только от массы растения, но и от влажности почвы корнеобитаемой зоны, факторов атмосферы и т.д., её можно описать зависимостью

$$T_p = K_4 \cdot M_p \cdot W_k; \quad (I2)$$

где  $K_4$  — коэффициент пропорциональности;  
 $W_k$  — влажность корнеобитаемого слоя.

Можно решить данную систему и в аналитическом виде. Объединив уравнения (II) и (I2) в систему, получим

$$\frac{dT_p}{dt} = K_2 \cdot K_4 \cdot M_p \cdot W_k - K_3 \cdot M_p, \quad (I3)$$

тогда

$$T_p = C_0 \int_0^{T_0} \exp[(K_2 \cdot K_4 \cdot W_k - K_3 \cdot M_p)] dt,$$

где  $T_0$  — время вегетации;  
 $C_0$  — сухая масса растения в начале вегетации.

Как видно из зависимостей, главная связь между блоками "почва" и "растение" осуществляется через транспирацию. Необходимо отметить, что приведенные зависимости наиболее просты и могут использоваться для оценки транспирации растений. По мере углубления знаний в области физиологии растений эти зависимости должны быть усовершенствованы.

Блок "атмосфера" описывается в модели с помощью уравнения турбулентной диффузии

$$\frac{\partial E_A}{\partial t} = K_t \frac{\partial^2 E_A}{\partial z^2} \quad (T - \text{const}); \quad (14)$$

где  $E_A$  - содержание влаги в атмосфере;

$K_t$  - коэффициент турбулентной диффузии;

$T$  - распределение температуры в атмосфере при  $z = 2$  м.

Адаптация модели осуществлялась на основании экспериментального материала, полученного в полевых условиях. Для этого на орошаемой системой капельного орошения хлопковом поле был оборудован опытный участок, на котором динамика влаги замерялась посредством куста тензиометров, установленных на различных глубинах (0,3; 0,7; 1,1 м) и на трех позициях в плане - около капельницы, под кустом хлопчатника и на неполивном междурядье (рис.2). Хлопчатник засеивался с междурядьем 60 см: было установлено 9 тензиометров, наблюдения проводились систематически 2 раза в сутки. Одновременно фиксировались: сроки и нормы поливов в целом на участке; расходы капельниц вокруг куста тензиометров; температура и влажность почвы и воздуха; суммарное испарение (методом теплового баланса); проводились фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника.

Почвы участка представлены типичными сероземами средне-суглинистого состава. Водно-физические свойства определялись по общепринятым методикам. Основная гидрофизическая характеристика - зависимость потенциала почвенной влаги от влажности - определялась на кафедре физики и мелиораций почв МГУ на тензиостатической установке с предварительно отобранными образцами монолитов каждого генетического горизонта (всего 5 монолитов). Аппроксимация полученных кривых выполнялась методом математической статистики и использовалась в модели (почвенный блок).

Все данные, являющиеся входной информацией, были занесены в файлы исходных данных.

Достоверность результатов, полученных при использовании модели, сравнивалась с опытными данными. Сравнение проводилось по девяти пространственным точкам, соответствующим глубинам расположения тензиометров и в расчетные моменты времени совпадающим с временем замеров. Сопоставление расчетных и фактичес-

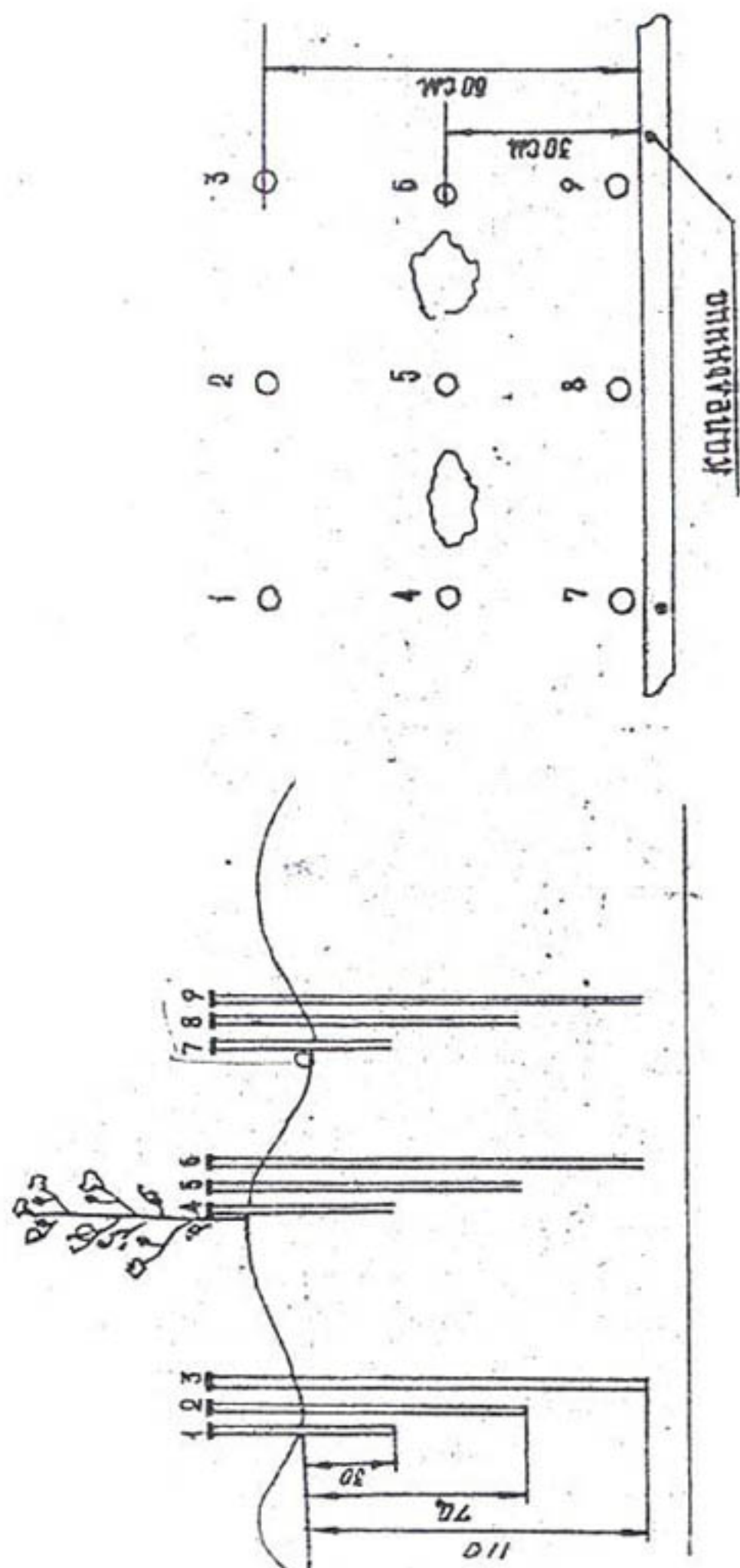
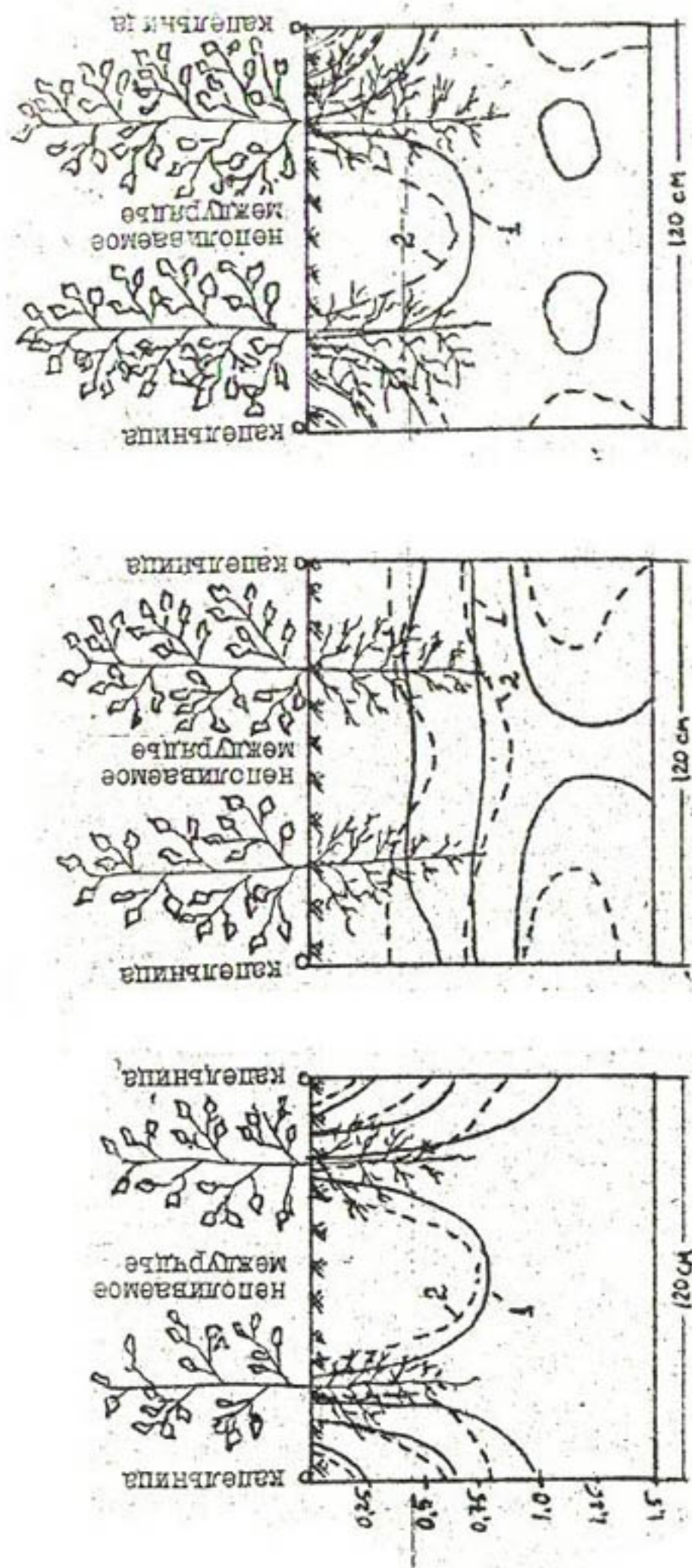


Рис. 2. Схема установки тензиометров.



влажность почвы через  
3 суток после 1-го полива

влажность почвы до начала  
2-го полива

влажность почвы через  
1 сутки после 2-го полива

Рис. 3. Сопоставление расчетной и фактической влажности почвы:  
1 - расчетная влажность; 2 - наблюдаемая влажность

ких величин влажности (рис.3) показало, что сходимость между ними соответствует коэффициенту корреляции 0,68, что вполне удовлетворительно для первого этапа создания модели.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумаков Б.Б., Алексащенко А.А. Вопросы исследования влагопереноса при капельном и внутрипочвенном орошении// Теория и практика мелиорации. - М., 1989. - С.132-153.
2. Айдаров И.П., Алексащенко А.А., Пестов Л.Ф. Расчет контуров увлажнения при капельном и внутрипочвенном орошении// Теория и практика комплексного мелиоративного регулирования. - М., 1993.
3. Морозов А.Н., Каложный В.И., Непомнящий Л.Г. Результаты изучения параметров влагопереноса на мембранных прессах Ричардсона//Сб.науч.тр./Средазгипроводхлопок. - Ташкент, 1975. - Вып.6. - С.III-II5.
4. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. - М.:Наука, 1989. - 317с.
5. Денисов Ю.М. Математическая модель переноса влаги, тепла и солей в пористых почвогрунтах//Метеорология и гидрология. - 1978. - №3. - С.71-79.
6. Сергеев А.И., Морозов А.Н. О значении коэффициентов зависимости потенциала почвенной влаги от влажности//Тр.САРНИТМИ. М., 1986. - Вып.III(192). - С.10-15.
7. Пачепский Я.А., Мироненко Е.В. К теории переноса влаги и солей в зоне аэрации//Моделирование почвенных процессов и автоматизация их исследований. - М.:Наука, 1976.
8. Кирейчева Л.В., Рекс Л.М., Якиревич А.М. Методика расчета водносолевого режима орошаемых земель. - М.: ВНИИТМ, 1984.
9. Risse L.M., Chesness J.L. Simplified Design Procedure TO DETERMINE The WETTED Radius For A TRICKLE EMITTER. - MEMBER ASAE, VOL.32(6), NOV, 1989
10. BRESSELER E., RUSSO D. - Two dimention SOLUTE TRANSFER during NON-STEADY INFILTRATION LABORATORY TEST OF MATHEMATICAL MODEL. SOIL SCIENCE SOFIETY OF AMERICA PROCEEDING, 39, 585-587.
11. JENSEN M.E. - WATER CONSUMPTION BY AGRICULTURAL PLANTS. In: WATER DEFICITS AND PLANTS GPOWTH, 1975, VOL. 2. ACADEMIC PRESS. NEW-YORK.
12. NAIRIZI S., Rydzewsky I.R. EFFECT OF DATEL SOIL MOISTURE STRESS ON CROP YIELDS. EXP. AGRIC, 1977, P.13.

М.Г.Хорст  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

### К СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ЗАТРАТ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ КАПЕЛЬНОМУ ОРОШЕНИЮ СПОСОБЫ ПОЛИВА

В районированных <sup>\*</sup> контурах орошаемых или намечаемых к орошению в перспективе территорий, потенциально пригодных к применению капельного орошения, присутствуют земли, где этому способу полива практически нет альтернативы. Это земли со сложным рельефом, маломощным мелкоземистым покровом, на которых использование других способов орошения может привести к смыву плодородного слоя или, в случае высокой водопроницаемости нижележащих слоев почвогрунтов, спровоцировать большие потери оросительной воды на глубинную инфильтрацию. Кроме того, применение в этих условиях, например, поверхностных способов орошения может привести к ухудшению мелиоративного состояния нижерасположенных орошаемых массивов земель.

Технико-экономическое обоснование капельного орошения в этих случаях заключается в сравнении вариантов оросительной сети по типам систем капельного орошения и подборе состава рентабельных для производства сельхозкультур, обеспечивающих минимум приведенных затрат.

Вместе с тем, в пределах выделенных контуров имеются земли, сочетания природных факторов на которых допускают применение иных способов орошения. В первую очередь это относится к территориям, примыкающим к нижним (по уклону поверхности) границам выделенных в районировании контуров, а также к массивам с мощным мелкоземистым покровом и спокойным рельефом поверхности. Здесь в качестве альтернативы капельному орошению необходимо рассматривать способы полива, позволяющие достичь аналогичные эффекты, но с меньшими затратами.

---

<sup>\*</sup> См. статью "Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применимости капельного орошения" в настоящем сборнике

Основой для такого сопоставления в соответствии с "Руководством по определению экономической эффективности новой поливной техники. ВТР-4-81" (М.: Минводхоз СССР, 1981) являются приведенные затраты, представляющие собой суммы себестоимости и нормативной прибыли по эталонной и альтернативной поливной технике с присущими им частями внутрихозяйственной оросительной сети

$$З = С + E_n \cdot K, \quad (1)$$

где  $З$  – приведенные затраты на единицу продукции (работ), руб.;

$С$  – себестоимость единицы продукции (работы), руб.;

$K$  – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

При сравнении способов полива правомерно принять за эталон вариант капельного орошения, как имеющий наивысшие показатели использования земли, воды и продуктивности орошения.

Под продуктивностью орошения понимается "оплата" затраченной на производство товарной сельхозпродукции оросительной воды, т.е. отношение объема товарной продукции (в количественном или стоимостном выражении) к затраченному на её производство объему оросительной воды.

Целью орошаемого земледелия является повышение продуктивности орошения. Таким образом, при сравнении способов полива необходимо обеспечить сопоставимость по объему товарной сельхозпродукции, который может быть выражен через основные показатели, характеризующие тот или иной способ орошения.

$$W = (KЗИ \cdot \omega) \frac{M_{нт}}{\eta} \cdot \Pi, \quad (2)$$

где  $W$  – объем товарной сельхозпродукции, кг;

$KЗИ$  – коэффициент земельного использования;

$\omega$  – орошаемая площадь (брутто), га;

$M_{нт}$  – оросительная норма (нетто), м<sup>3</sup>/га;

$\eta$  – коэффициент эффективности использования оросительной воды;

$\Pi$  – продуктивность единицы оросительной воды, кг/м<sup>3</sup>  
(принимается в первом приближении на основе данных по опытно-производственным участкам).

Две внутрихозяйственные оросительные системы с разными способами орошения могут считаться сопоставимыми, если они обеспечивают равные объемы производства товарной сельхозпродукции, т.е. обеспечивается следующее равенство:

$$(KЗИэ \cdot \omega э) \frac{M(нт)э}{\eta э} \cdot \Pi э = (KЗИi \cdot \omega i) \frac{M(нт)i}{\eta i} \cdot \Pi i, \quad (3)$$

где индексы при показателях соответствуют эталонному и сравниваемому с ним способу полива.

Из равенства (3) следует

$$\omega i = \omega э \left( \frac{KЗИэ}{KЗИi} \cdot \frac{M(нт)э}{M(нт)i} \cdot \frac{\eta i}{\eta э} \cdot \frac{\Pi э}{\Pi i} \right) = \omega э \cdot Kэ \quad (4)$$

Коэффициент " $Kэ$ " в этом соотношении является коэффициентом эквивалентности, показывающим во сколько раз должна быть увеличена площадь системы с альтернативным способом орошения, чтобы она обеспечивала одинаковый с эталоном объем сельхозпроизводства.

Альтернативными капельному орошению могут считаться прогрессивные виды поверхностного полива: дискретный по длинным бороздам и высокочастотный по коротким бороздам. Показатели и условия применения их в сравнении с капельным орошением приведены в табл. I.

К капельному орошению пропашных сельхозкультур по показателям наиболее приближено высокочастотное орошение по коротким бороздам. Этот вид поверхностного полива находится в настоящее время в стадии проверки технологии в условиях опытного сельхозпроизводства. Поисковые исследования технологии в Ташкентской области при поливах хлопчатника показали возможность уменьшения затрат оросительной воды за вегетацию на 2000 м<sup>3</sup>/га (в сравнении с традиционным бороздковым поливом) при сниженных с 240 м<sup>3</sup>/ц до 150 м<sup>3</sup>/ц затратах оросительной воды на единицу сельхозпродукции.

Таблица 1

Показатели и условия применения капельного и альтернативных способов орошения пропашных сельхозкультур

| Сравнимые показатели и условия применения способов                                    | КО пропашных с/х культур | Альтернативные способы |                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|
|                                                                                       |                          | дискретный полив       | высокочастотное орошение |
| Рабочий напор, м                                                                      | 25-50                    | I-I,5                  | I-I,5                    |
| Продуктивность затрат оросительной воды                                               | I <sup>ж)</sup>          | 0,6-0,7                | 0,7-0,75                 |
| Равномерность увлажнения корнеобитаемой зоны                                          | 0,97-0,98                | 0,85-0,9               | 0,9                      |
| Капитальные затраты                                                                   | I <sup>жж)</sup>         | 0,1-0,2                | 0,3-0,4                  |
| Возможность водоподачи поливных норм, близких к суточной эвапотранспирации            | да                       | нет                    | да                       |
| Необходимость дополнительной очистки оросительной воды                                | да                       | нет                    | нет                      |
| Необходимость проведения промывок, влагозарядных и вызывных поливов другими способами | да                       | нет                    | нет                      |

Таблица 2

Основные показатели сравнимых способов орошения

| Показатели       | Способы орошения хлопчатника |                       |                                   |
|------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
|                  | КО (эталон)                  | Альтернативный способ | Традиционное орошение по бороздам |
| КЗИ              | 0,98                         | 0,94                  | 0,92                              |
| $M_{нт}, м^3/га$ | 3300                         | 3300                  | 3500                              |
| $\eta$           | 0,94                         | 0,74                  | 0,60                              |
| $\Pi, кг/м^3$    | 0,89                         | 0,67                  | 0,41                              |

ж) Продуктивность затрат оросительной воды при капельном орошении принята за единицу

жж) Капитальные вложения в создание систем капельного орошения приняты за единицу

Используя соотношение (4) и исходные данные, приведенные в табл.2, можно продемонстрировать, как соотносятся площади орошения при капельном, высокочастотном по коротким бороздам и традиционном бороздковом поливах хлопчатника при условии получения во всех трех вариантах одинакового объема сельхозпродукции. Рассмотрим пример с количественным выражением объема товарной сельхозпродукции, что правомерно при производстве одного вида сельхозкультуры при разных вариантах орошения и сдаче товарной сельхозпродукции, оцениваемой по качеству одним сортом.

Так, если площадь системы капельного орошения - 100 га (брутто), то эквивалентная ей площадь системы с высокочастотным поливом по коротким бороздам составит

$$\omega_{вч} = 100 \left( \frac{0,98}{0,94} \frac{3300}{3300} \frac{0,74}{0,94} \frac{0,89}{0,67} \right) = 1,09 \cdot 100 = 109 \text{ га.}$$

При традиционном поливе по бороздам системе капельного орошения эквивалентна система площадью

$$\omega_{тр} = 100 \left( \frac{0,98}{0,92} \frac{3300}{3500} \frac{0,6}{0,94} \frac{0,89}{0,41} \right) = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ га.}$$

Таким образом, при ориентировочной оценке альтернативных капельному орошению способов полива правомерно обеспечить сопоставимость вариантов относительно эталона (капельного орошения) по объему товарной сельхозпродукции введением в формулу приведенных затрат (1) коэффициента эквивалентности

$$Z = K_3 (C + E_H \cdot K). \quad (5)$$

Тогда расчетную формулу приведенных затрат можно записать в следующем виде, дополнительно включив в неё член, позволяющий учесть стоимость водоподачи:

$$\begin{aligned} Z_i = K_3 E_H [ & (C_{i пол} + K_{i пол}) + (C_{i с-к} + K_{i с-к}) + \\ & + (C_{i пл} + K_{i пл}) + (C_{i гр} + K_{i гр}) + \\ & + (C_{i с-х.о} + K_{i с-х.о}) ] + K_3 \frac{M(н\tau)i}{\eta_i} \cdot C_{i в}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $Z_i$  - сумма приведенных затрат по альтернативному способу полива, руб/га;

себестоимость единицы работ по:

$C_{i\text{пол}} ; C_{i\text{агр}} ;$  - поливной технике, агротехническим работам,

$C_{i\text{пл}} ; C_{i\text{др}} ; C_{i\text{с-х.о}}$  планировочным работам, дренированию и водоотведению, сельхозосвоению, руб/га;

$K_{i\text{пол}} ; K_{i\text{агр}} ;$  - единовременные удельные капитальные  
 $K_{i\text{пл}} ; K_{i\text{др}} ;$  затраты в поливную технику, сельско-  
 $K_{i\text{с-х.о}}$  хозяйственную технику, планировочные работы, дренирование и водоотведение, сельхозосвоение, руб/га;

$C_i$  - себестоимость единицы оросительной воды (на уровне поливного участка) в зависимости от способа водоподдачи, руб/м<sup>3</sup>.

#### Выводы

При ориентировочной оценке альтернативных капельному орошению способов полива для целей районирования рекомендуется обеспечить сопоставимость вариантов по объему товарной сельхозпродукции введением в формулу приведенных затрат коэффициента эквивалентности и дополнительного члена, позволяющего учесть стоимость водоподдачи на уровне поливного участка.

Г.В.Стулина, к.б.н.  
(САНИФИ им.В.Д.Мурина)

### ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПРИ ПРОГРЕССИВНЫХ СПОСОБАХ ПОЛИВА

В условиях аридной зоны почвы испытывают особенно сильное воздействие мелиоративных и технологических факторов. За вегетационный период при бороздковом поливе на орошаемое поле хлопчатника подается до 8000 м<sup>3</sup> оросительной воды, часто, в нарушение всех рекомендаций, грузными нормами. Кроме того, обработка почвы, которая включает несколько культиваций, подкормку, обработку против вредителей, дефолиацию, сопровождается прохождением трактора и вызывает значительное уплотнение верхнего почвенного слоя.

Исследования на среднесуглинистых сероземно-луговых почвах в Голодной степи показали, что при бороздковом способе полива хлопчатника к концу вегетации наблюдается значительное уплотнение верхнего 0-40 см слоя почвы (рис.1).

Объемная масса изменяется от 1,3 до 1,6 г/см<sup>3</sup>, общая порозность от 51 до 40%, порозность аэрации от 25 до 13%.

Наибольшему уплотнению подвергается слой 20-40 см за счет заплывания и образования корки после полива. На рис.2 приводится контур увлажнения при бороздковом способе полива, из которого видно, что даже норма 3-3,5 тыс.м<sup>3</sup>/га вызывает длительное переувлажнение верхнего 0-30 см слоя. Остаточное уплотнение данного слоя приводит к образованию плужной подошвы. Как следствие уплотнения почв при бороздковом способе полива наблюдается снижение водопроницаемости почвенного профиля (рис.3).

Одним из путей снижения отрицательных последствий оросительных мелиораций почв является применение прогрессивных способов полива, внутрипочвенного (ДЮ) и капельного (КО). Эти способы орошения снижают физическую разрушительную силу оросительной воды и предусматривают новую технологию возделывания хлопчатника, позволяющую сократить количество междурядных обработок.

Внутрипочвенное орошение хлопчатника, при котором трубы-увлажнители укладываются на глубину 40-50 см и оросительная вода

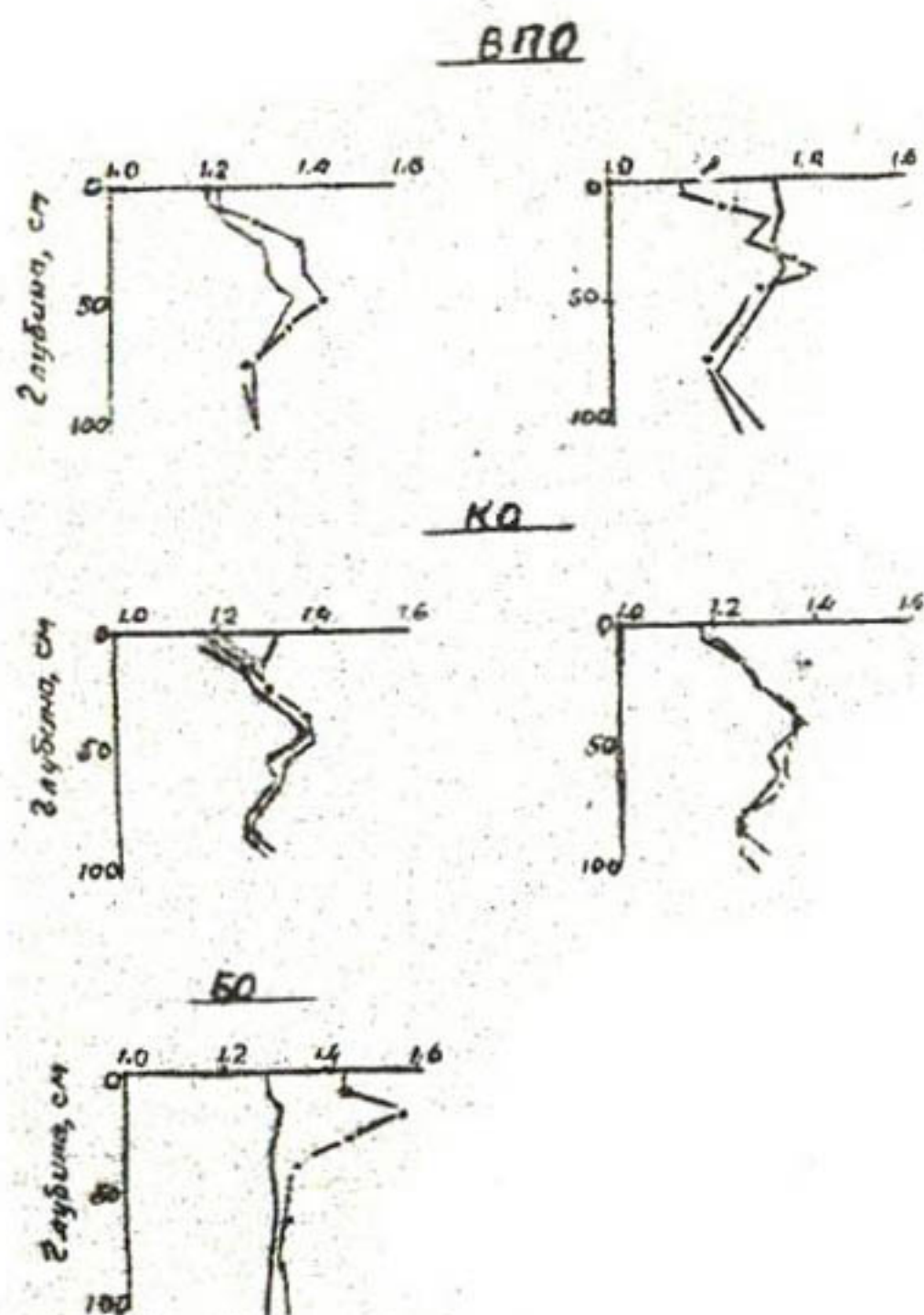
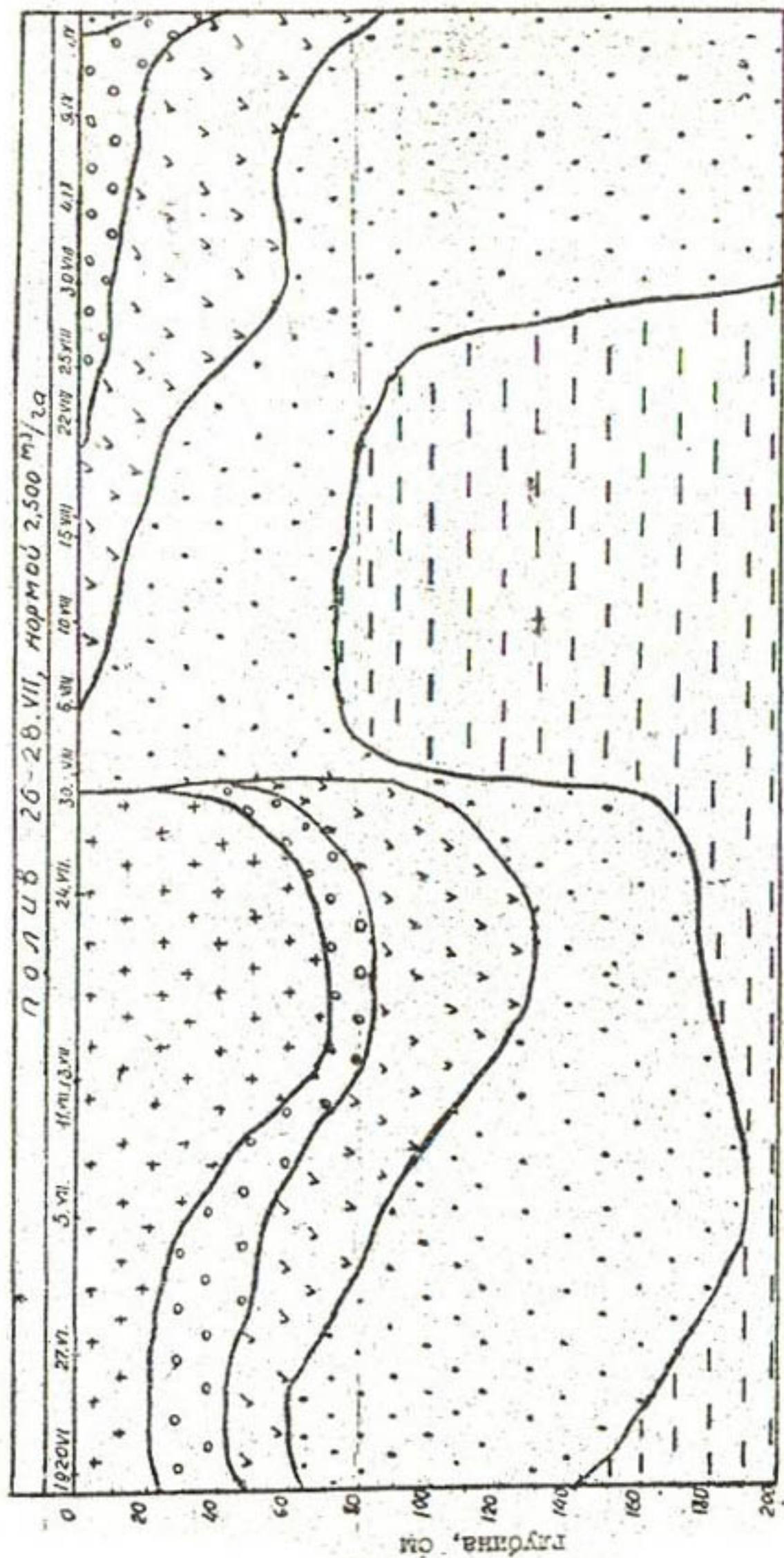


Рис. I. Динамика объемной массы почв на опытных участках внутрипочвенного, кашельного и бороздкового орошения.



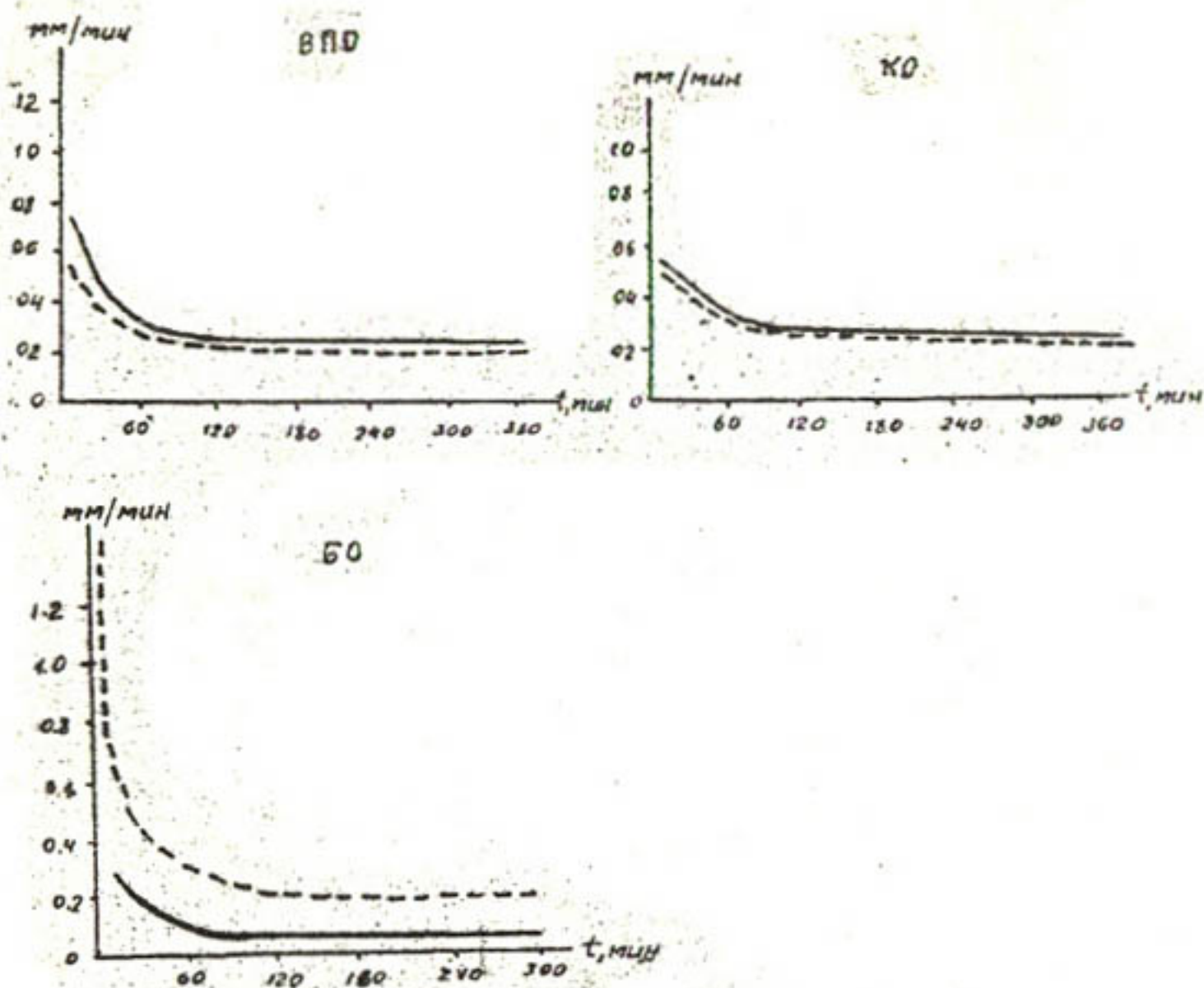


Рис. 3. Водопроницаемость почв:  
 ---- после сева;  
 — в конце вегетации

распределяется капиллярными потоками, позволяет сохранить верхний слой почвы.

На рис. 4 изображены изоплеты влажности после внутрипочвенного полива при рекомендуемой поливной норме орошения  $1,0 \text{ м}^3/\text{га}$ . Контур увлажнения  $> 26\%$  образуется вокруг точечного источника на глубине 50–100 см. Верхняя граница увлажнения не достигает поверхности почвы, в слое 0–15 см обеспечивается сохранение сухого рыхлого слоя, играющего роль мульчи и препятствующего непродуктивному расходу влаги на физическое испарение, которое составляет в этом случае всего 20–25% от суммарного.

В поверхностных иссушенных горизонтах присутствует влага адсорбированная и пленочно-стыковая. Слои с влажностью 10–16%, 16–20% и 20–26% содержат пленочно-стыковую, капиллярно-пленочную и капиллярную влагу. В переувлажненном слое присутствует капиллярная и гравитационная влага. Уплотнение почвы происходит, в основном, под действием гравитационной влаги. Распределением влаги объясняется и картина распределения объемной массы (см. рис. 1) при внутрипочвенном орошении. Наибольшая величина объемной массы наблюдается в створе увлажнителя на глубине 40–50 см. Однако, если при бороздковом орошении объемная масса к концу вегетации достигает  $1,6 \text{ г/см}^3$ , то при ВПО величина её осенью составляет  $1,4 \text{ г/см}^3$ . Соответственно изменению объемной массы изменяются порозность и водопроницаемость (см. рис. 1, 3).

В отличие от внутрипочвенного способа полива, при котором точечный источник увлажнения расположен под растением на глубине 40–50 см, при капельном орошении источник увлажнения расположен на поверхности почвы в поливном междурядье.

Распределение оросительной воды при капельном орошении на израильской системе представлена на рис. 5.

Под увлажнителем создаётся гравитационный ток, под действием которого вода стекает вниз по профилю, образуя на глубине 25–30 см очаг увлажнения, от которого под воздействием капиллярных сил происходит перераспределение воды в сторону и вниз. При этом изоплеты увлажнения формируют профиль увлажнения в виде луковицы. В соответствии с распределением влаги прослеживается распределение плотности почвы по профилю (см. рис. 1).

Расстояние от увлажнителя

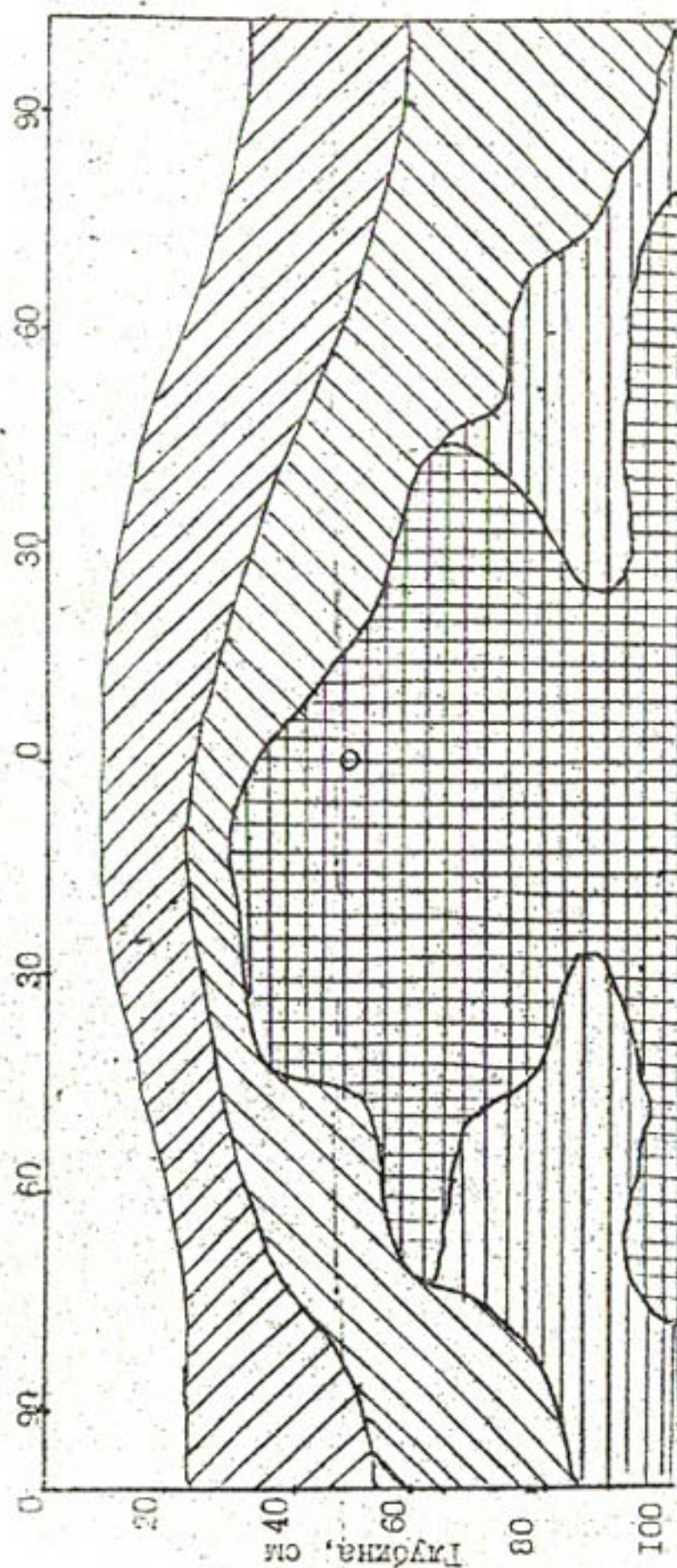
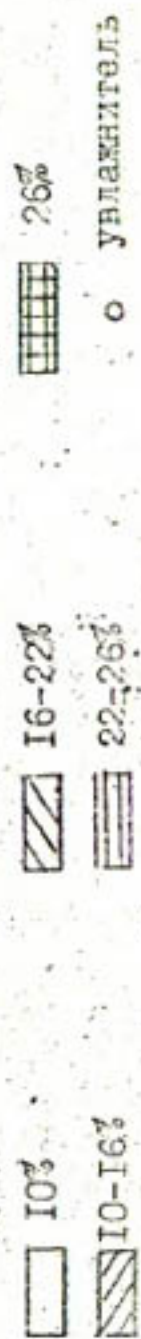


Рис. 4. Хронозонлеты влажности почвы при внутрипочвенном орошении после полива.



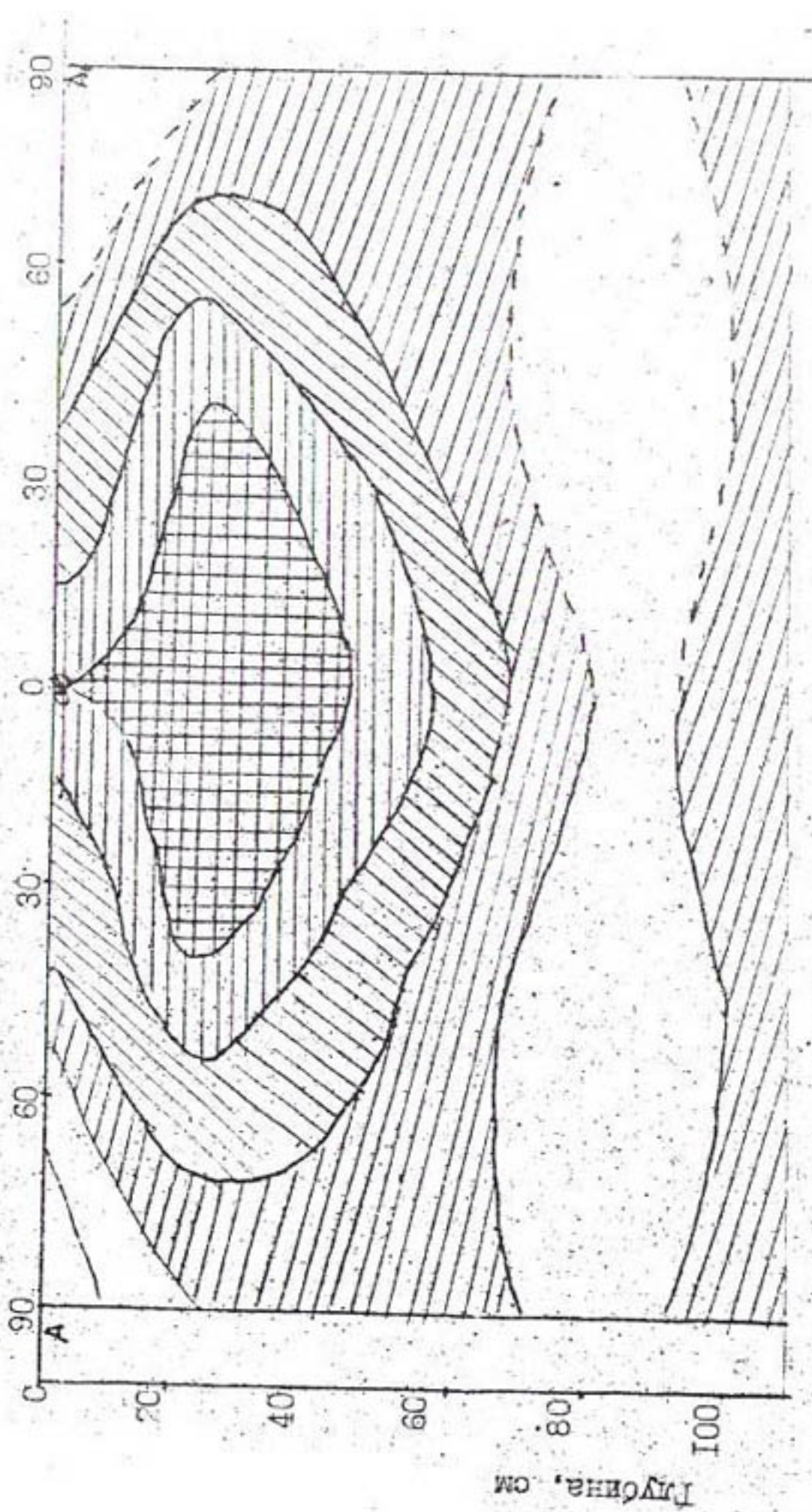


Рис. 5. Хронизоплеты влажности почвы при капельном орошении:

□ < 10%  
▨ 10-16%

▧ 16-22%  
▩ 22-26%

▤ > 26%  
○ увлажнитель

Изменение сложения почвы наблюдается в основном только непосредственно под увлажнителем на глубине до 40 см. Остальная часть профиля почвы не подвержена действию гравитационной составляющей почвенной влаги, в ней в течение вегетации сохраняется благоприятный водно-воздушный режим. Почвенная влага находится в пленочном и капиллярном состоянии.

Особенности увлажнения почв при КО и ВПО, т.е. возможность сохранения верхнего слоя почвы в непереувлажненном состоянии, позволяет снизить количество междурядных обработок. Если при поверхностном способе полива за вегетацию проводится до 6-7 культиваций, то при внутрипочвенном и капельном орошении количество культиваций снижается до 2-3. Уменьшение количества технологических операций способствует снижению тракторной нагрузки на поверхность почвы и сохранению ее структуры.

УДК 626.844:62-192

Е.Г. Малаев, к.т.н.

Т.И. Палванов

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

#### НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ (ВОПРОСЫ МЕТОДОЛОГИИ)

Капельное орошение, его широкое производственное применение в странах СНГ, в том числе в Узбекистане, имеет сравнительно недавнюю историю. В нашей республике в настоящее время капельным орошением занято в целом около 4 тыс. га. Из 13 областей республики капельное орошение получило распространение в хозяйствах 9 областей. Более 2 тыс. га площадей капельного орошения приходится на долю Кашкадарьинской, Наманганской, Самаркандской и Сурхандарьинской областей.

Капельное орошение представляет собой группу трубопроводов, узлов подачи, очистки и распределения воды, капельных разводовыпусков, приборов контроля, измерения и управления, образующих систему капельного орошения (СКО). Для выполнения своего назначения система капельного орошения должна нормально функционировать в течение всего срока эксплуатации, т.е. обладать на-

дежностью. Из-за отсутствия систематических наблюдений и сведений о работе этих систем, недостаточности уровня разработки комплектующих изделий, требований к качеству строительства и эксплуатации вопросы надежности СКО практически не изучены. В специальной литературе имеются лишь отдельные работы, освещающие работоспособность некоторых элементов СКО.

По принятой технологии "надежность есть свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования" [1]

Так как под капельным орошением понимается способ полива сельскохозяйственных культур, при котором обеспечивается поступление оросительной воды в зону каждого растения небольшим количеством с интенсивностью, не допускающей образования значительных площадей свободной поверхности воды при поливе, а также её просачивания в почву глубже распространения корней, то, в соответствии с приведенным определением, под надежностью СКО будем подразумевать их свойство выполнять функции подачи воды каждому растению, сохраняя во времени установленные эксплуатационные показатели (расход воды, напор в системе, качество воды) в пределах, соответствующих заданным режимам орошения и эксплуатации. Согласно определению, под "объектом" будем понимать как саму систему в целом, так и отдельные ее элементы, сооружения. Элементы системы капельного орошения – источник орошения, водозаборный узел, насосно-силовое оборудование, напорно-очистной и распределительный узлы, трубопроводы (магистральные, распределительные, участковые и поливные), капельницы, фитинги и арматура, приборы контроля за стоком и давлением воды, за управлением водоподачей и работой системы.

Элемент системы при расчете её надежности учитывается как отдельная самостоятельная часть, имеющая свой количественный показатель надежности. С другой стороны, понятие элемента весьма условное, и выбор элемента или группы элементов в каждом конкретном случае зависит от поставленной задачи расчета надежности. Например, при анализе надежности всей системы капельного орошения элементом можно считать источник орошения, водозаборный узел, насосно-силовое оборудование, напорно-очистной и рас-

пределительный узлы и т.д., тогда как при изучении надежности, скажем, поливного трубопровода его элементами являются капельные водовыпуски, а при изучении капельниц — отдельно их части. Следовательно, должны быть зависимости, связывающие надежность элемента и группы элементов, единые подходы к изучению всей системы капельного орошения.

Надежность является сложным свойством, связанным с такими понятиями как безотказность, долговечность, ремонтпригодность, работоспособность и сохраняемость [2, 3, 4].

Безотказностью называется свойство СКО сохранять работоспособность в течение некоторого времени, например, поливного сезона или нескольких поливных сезонов. Безотказность является одним из важных свойств, наиболее полно отражающим сущность понятия надежности.

Под долговечностью СКО понимается период времени, в течение которого система под воздействием природных факторов и в результате её эксплуатации изнашивается и приходит в состояние, непригодное для дальнейшей эксплуатации. До наступления непригодности (гибели) система сохраняет работоспособность. Долговечность можно повысить ремонтно-восстановительными работами. Другими словами, долговечность регулируется ремонтпригодностью.

Ремонтпригодность — свойство системы капельного орошения, при котором она способна осуществлять водоподачу, сохраняя значения основных параметров (расход воды, напор) в пределах, установленных расчетом, проектом.

Сохраняемость — свойство СКО, ее элементов непрерывно сохранять значения установленных показателей качества в заданных пределах в течение транспортирования, хранения и эксплуатации.

Одним из проявлений неисправности системы капельного орошения является её отказ, т.е. выход из строя элемента или системы в целом. Отказы обуславливаются ошибками, допущенными при проектировании и строительстве, дефектами в материалах, а также старением как системы в целом, так и её отдельных элементов.

Все оценки надежности и входящих в это понятие отдельных свойств, изложенных выше, а также численных показателей надежности различных элементов системы капельного орошения имеют вероятностный характер. Поэтому, опираясь на данные опыта факти-

ческой работы этих элементов, мы можем определить, например, вероятность времени их безотказной работы, вероятное среднее число отказов в заданный промежуток времени и другие численные показатели, связанные с оценкой надежности.

Чем больше объем используемого статистического материала, тем точнее будут значения показателей надежности, полученные в результате обработки этого материала.

Для численного определения значений показателей надежности различных элементов СКО, включая внешние (например, источники орошения), необходимо найти статистические закономерности распределения рассматриваемых случайных величин и установить, какому из теоретических законов распределения они больше всего соответствуют.

К основным случайным величинам, исследуемым при анализе надежности элементов СКО, следует отнести число отказов элемента в определенный интервал времени, сроки службы элементов до отказа или между отказами, ресурс и время восстановления, изменчивость расхода капельниц, повторяемость (обеспеченность) величин расходов и уровней воды источников орошения и т.д.

Источники орошения, хотя и представляет собой элемент, являющийся внешним по отношению к системе капельного орошения, неразрывно связан с ней, и определение показателей его надежности необходимо для оценки надежности обеспечения водой площади, обслуживаемой системой капельного орошения.

Систему капельного орошения можно рассматривать как производственную систему водоснабжения. Также как в водопроводных линиях, надежность СКО зависит от типа, материала и размеров труб трубопроводной сети, от конструкции стыковых соединений, качества их монтажа, колебания давления внутри труб. Кроме того, надежность систем капельного орошения зависит от работы насосных станций, узлов по очистке и распределению воды, запорно-регулирующей арматуры, капельниц и прочих соединительных деталей. Показатели надежности этих элементов определяются в результате проведения длительных наблюдений над их работой в процессе эксплуатации, систематического сбора, обработки и обобщения статистических данных о всех замеченных недостатках, повреждениях и авариях. Достоверность показателей надежности зависит от продол-

жительности периода и числа (широты ряда) наблюдений, называемого выборкой. Продолжительность работы СКО в зависимости от вида поливаемой сельхозкультуры и почвенно-климатических условий составляет до 6 месяцев в год.

Показатели (критерии) надежности характеризуют надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых элементов системы и делятся на две части. Согласно ГОСТ [1], восстанавливаемыми называются такие элементы (системы), которые в процессе выполнения своей функции допускают ремонт для восстановления работоспособности. Невосстанавливаемыми считаются элементы (системы), которые в процессе выполнения своих функций в случае отказа не допускают ремонта.

Системы капельного орошения в целом являются восстанавливаемыми и ремонтируемыми, хотя отдельные их элементы могут оказаться невосстанавливаемыми. Например, поливные трубопроводы, когда они изготавливаются из светонестабилизованного полиэтилена (при недостаточной добавке сажи в процессе изготовления труб), могут очень быстро, в течение одного или двух сезонов, сильно деформироваться, получая множество трещин под воздействием солнечных лучей, и, становясь невосстанавливаемыми, требуют полной замены при нормативном сроке службы 10 лет. Такие явления замечены на системе капельного орошения в Зааминском опытно-производственном хозяйстве Джизакской области в 1989-1990 гг. Разборные капельницы при их засорении могут очищаться и промываться, тогда как неразборные капельницы и встроенные внутри трубопровода не восстанавливаются и требуют замены. Таким образом, понятия "восстанавливаемый" и "невосстанавливаемый" в известной мере являются условными.

Вероятность безотказной работы системы (элемента) капельного орошения означает вероятность того, что в некотором интервале времени  $0 \leq t \leq t_i$  сохраняется её работоспособность, т.е. отказ не возникает.

В системах капельного орошения могут быть потоки отказов, для характеристики которых необходимо знать частоту их появления. Частотой отказов называется отношение числа отказавших элементов в единицу времени к первоначальному числу испытываемых элементов.

Интенсивность отказов называется отношение числа отказавших элементов в единицу времени к среднему числу элементов, исправно работающих в данном отрезке времени.

Средним временем безотказной работы системы капельного орошения, или средней наработкой до первого отказа, называется математическое ожидание (среднее значение) времени безотказной работы.

Наработка на отказ – среднее время исправной работы между соседними отказами. Однако среднее время исправной работы между соседними отказами не характеризует готовности элемента или системы к выполнению функций в необходимое время. Поэтому используется так называемый коэффициент готовности, который представляет собой отношение суммарного времени исправной работы элемента (системы) к этому же времени и времени вынужденного простоя за весь период наблюдений.

Время восстановления элемента или всей системы капельного орошения соотносится с показателем, характеризующим свойство ремонтпригодности, и в вероятностном смысле равно математическому ожиданию времени восстановления.

Долговечность системы, элемента капельного орошения характеризуется средним ресурсом, определяемым продолжительностью работы системы до полного выхода её из строя.

Надежность СКО в целом. Система капельного орошения, как уже сказано, представляет собой совокупность последовательно соединенных трубопроводов. В таких системах отказ одного элемента ведёт к отказу всей системы. Их надежность всегда ниже надежности наименее надежного элемента, так как общая надежность характеризуется произведением показателей вероятности безотказной работы элементов, составляющих систему:

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \dots P_N = \prod_{i=1}^N P_i(t). \quad (I)$$

Из формулы (I) следует, что для получения численных значений надежности системы сначала выполняются расчеты по определению характеристик надежности её основных элементов. Для этого необходимо организовать регистрацию и учет повреждений (отказов) элементов СКО в процессе её эксплуатации.

Нарушение работоспособного состояния (отказ) перечисленных элементов системы капельного орошения может быть вызвано различными причинами – внешними и внутренними. Например, насосная станция может перестать функционировать вследствие прекращения подачи электроэнергии (внешние причины), неисправности самого насоса или его электродвигателя (внутренние причины). Нарушение функционирования сети водопроводящих труб может наступить в результате образования трещин, разрывов, утечек в стыках, смятия при недостаточной глубине укладки, перемещениях почвы и прочих поломок. Капельницы перестают выполнять функции водовыпусков в результате их заиливания или засорения и т.д.

Период пребывания водопроводящей сети в неработоспособном состоянии зависит от ряда случайных факторов: характера и места повреждения и его удаленности от пункта обслуживания; характера грунтов; глубины укладки трубы, её диаметра и материала; типа стыков; наличия комплектующих изделий; технической вооруженности и квалификации ремонтной бригады.

До настоящего времени не накоплено достаточно данных о видах повреждений на системах капельного орошения, их трубопроводах и продолжительности ликвидации этих повреждений. Поэтому первоочередной задачей является сбор сведений о всех видах повреждений на СКО.

Сведения о повреждениях, также как в системах водоснабжения [3], могут заноситься в соответствующие технические документы: разовую регистрационную карточку и журнал учета.

Характеристики работоспособности капельниц и поливных трубопроводов СКО. Основная функция капельниц состоит в обеспечении истечения из отверстий равных количеств воды. Нарушение этой функции есть отказ, под которым будем подразумевать такое состояние капельницы, когда она не обеспечивает установленную для неё (по данным испытаний) равномерность расхода.

При проведении наблюдений обычно приходится иметь дело с ограниченным числом значений расходов капельниц  $q_i$ , называемым малой выборкой ( $n < 50$ ). Одна из задач статистического анализа состоит в оценке параметров малой выборки [5].

Средние величины исследуемого параметра не отражают рассеяния, т.е. вариацию этого параметра (признака). Степень рас-

# ЖУРНАЛ УЧЕТА

Карточка № \_\_\_\_\_ I. Дата \_\_\_\_\_  
учета повреждений \_\_\_\_\_ год, число, месяц

2. Место повреждения \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ адрес и номер участка

№ колодцев (штуцеров) \_\_\_\_\_

3. Характеристика участка  
Материал труб \_\_\_\_\_ Длина \_\_\_\_\_  
Диаметр \_\_\_\_\_ Глубина залегания \_\_\_\_\_  
Тип стыкового соединения \_\_\_\_\_

4. Время повреждения и ремонта  
Время получения сигнала о повреждении \_\_\_\_\_ час, мин.  
Время отключения участка \_\_\_\_\_ час, мин.  
Начало ремонта \_\_\_\_\_ час, мин.  
Окончание ремонта \_\_\_\_\_ час, мин.  
Время включения участка \_\_\_\_\_ час, мин.

5. Схема участка повреждения \_\_\_\_\_

6. Причины повреждения \_\_\_\_\_

7. Характер ремонта \_\_\_\_\_

8. Примечание \_\_\_\_\_

9. Составитель карточки \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ ф.и.о.

сеяния определяется несколькими характеристиками, такими, как среднее линейное отклонение  $\Delta \bar{q}$  (средняя ошибка измерений), дисперсия  $D$ , среднеквадратичное отклонение  $\sigma$ , средняя ошибка среднеквадратичного отклонения  $S$  (средняя ошибка выборки), коэффициент вариации  $C_v$ , коэффициент асимметрии  $A$  и коэффициент эксцесса  $E$ .

Средняя ошибка измерений  $\Delta \bar{q}$  вычисляется по формуле

$$\Delta \bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n} \quad (2)$$

Оценкой для дисперсии  $D$  является выборочная дисперсия вариационного ряда, т.е. средняя арифметическая квадратов отклонения отдельных вариантов (значений расходов  $q_i$ ) от их средней арифметической. При большом объеме выборки  $n$  дисперсия вычисляется по формуле

$$D = \frac{1}{n} [(q_1 - \bar{q})^2 + (q_2 - \bar{q})^2 + \dots + (q_n - \bar{q})^2] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \quad (3)$$

Для оценки дисперсии при малом объеме выборки  $n$  (несмещенная оценка) имеем

$$D_0 = \frac{n}{n-1} \cdot D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \quad (4)$$

Среднеквадратичное отклонение определяется по формуле

$$\sigma_a = \sqrt{D_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Средняя ошибка среднеквадратичного отклонения

$$S = \frac{\sigma_a}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{D_0}{n}} \quad (6)$$

Мерой рассеяния значений  $q_i$  вокруг средней  $\bar{q}$  служит коэффициент вариации (изменчивости). Выборочный коэффициент вариации определяется по зависимости

$$C_v = \frac{\sigma_a}{\bar{q}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Чем больше  $C_v$ , тем больше разброс значений признаков вокруг их средней величины. При нормальном распределении выборки принято считать:

$C_v \leq 10\%$  - изменчивость незначительная;

$C_v = 10-20\%$  - изменчивость средняя;

$C_v > 20\%$  - изменчивость значительная.

В выборочных совокупностях измеренные значения расходов  $q_i$  могут распределяться симметрично или асимметрично по отношению к их среднему арифметическому значению.

Формула для расчета коэффициента асимметрии имеет вид

$$A = \frac{1}{n\sigma_q^3} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^3. \quad (8)$$

Степень крутости кривой распределения оценивается при помощи коэффициента эксцесса  $E$ .

$$E = \frac{1}{n\sigma_q^4} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^4. \quad (9)$$

Эталонной кривой для сравнения степени крутости кривой распределения является кривая нормального распределения. При нормальном законе распределения  $A = 0$ ;  $E = 0$ .

Выборочная асимметрия и эксцесс, как и все выборочные параметры, являются случайными величинами, и поэтому даже для нормального распределения могут отличаться от нуля.

При анализе исследуемых параметров среди результатов выборки могут присутствовать наблюдения, сильно отличающиеся от других значений. Возникает задача выявления и устранения таких результатов наблюдений, которые являются сомнительными, не представительными для данной выборки и могут исказить статистические выводы. Сомнительные результаты наблюдений называются резко выделяющимися наблюдениями, или грубой ошибкой. Грубой ошибкой могут оказаться наибольшее и наименьшее значения расходов капельниц.

Для исключения из рассмотрения сомнительных результатов используются критерии:

а) когда сомнительным является наименьшее значение анали-

зируемого параметра (расхода)

$$t_1 = (\bar{q} - q_1) / \sigma_q; \quad (10)$$

б) когда сомнительным является наибольшее значение анализируемого параметра

$$t_n = (q_n - \bar{q}) / \sigma_q, \quad (11)$$

где  $t_1$  и  $t_n$  — так называемые статистики (критерий Стюдента);

$q_1$  и  $q_n$  — наибольшее и наименьшее значения расходов капельниц;

$\sigma_q$  — среднеквадратичное отклонение значений расходов капельниц в данной выборке.

Вычисленные значения статистик  $t_1$  и  $t_n$  сравниваются с табличным (критическим) значением  $t$  по Студенту для уровня значимости  $\alpha$  [5].

Если выполняется неравенство  $t_1 > t_\alpha$  или  $t_n > t_\alpha$ , то результат  $q_1$  или  $q_n$  является ошибочным и должен быть исключен из дальнейшего анализа, а найденное ранее значение  $\bar{q}$  должно быть скорректировано. В противоположном случае ( $t_1 \leq t_\alpha$  или  $t_n \leq t_\alpha$ ) значения  $q_1$  и  $q_n$  не исключаются.

По приведенным зависимостям произведен статистический анализ расходных значений, наиболее распространенных на СКО республики — капельниц Молдавия-4АМ, Варио-Дрип (Германия) и Катиф (Израиль) для различных величин напоров при объемах выборки  $n = 11-48$ . Результаты расчетов приведены в табл. I. Результаты вычислений и значений коэффициентов асимметрии и эксцесса позволяют заключить, что распределение расходов капельниц близко отвечает нормальному закону распределения. Этот вывод очень важен для оценки работоспособности поливных трубопроводов и капельниц СКО.

В отдельных случаях средний расход капельниц с течением времени может изменяться, происходит так называемый "временной дрейф" вследствие отложения различных солей в проходах капельниц, их заиливания, зарастания водорослями. Это изменение

## Статистическая оценка расходных характеристик капельниц

Молдавия-4AM

| оценки        | напор, м |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               | 25       | 22     | 15     | 12     | 10     | 8,5    | 7,0    | 4,5    | 3,5    | 2      |
| $\bar{q}$ л/ч | 16,83    | 16,78  | 16,46  | 16,52  | 17,907 | 18,2   | 18,87  | 12,85  | 18,99  | 14,67  |
| $D$           | 11,485   | 12,06  | 12,898 | 12,62  | 11,691 | 14,233 | 12,668 | 63,35  | 131,29 | 118,71 |
| $D_0$         | 11,517   | 12,284 | 13,220 | 12,949 | 11,812 | 14,703 | 12,965 | 70,38  | 134,77 | 120,78 |
| $A$           | 10,556   | 10,149 | 10,314 | 10,178 | 10,124 | 10,170 | 10,111 | 1,078  | 10,371 | 10,381 |
| $E$           | 11,169   | 10,119 | 10,264 | 10,979 | 10,461 | 10,660 | 11,12  | 10,245 | 10,952 | 10,766 |
| $\sigma_q$    | 11,232   | 11,434 | 11,702 | 11,619 | 11,300 | 12,057 | 11,633 | 17,959 | 15,594 | 14,325 |
| $C_v$         | 118,04   | 121,15 | 126,35 | 124,83 | 116,45 | 125,06 | 118,4  | 161,94 | 129,46 | 129,48 |

Варио-Дрип

| оценки        | напор, м |        |        |        |        |        |        |        |  |  |
|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
|               | 25       | 20     | 15     | 10     | 8,0    | 6,0    | 4,0    | 2,0    |  |  |
| $\bar{q}$ л/ч | 13,79    | 13,40  | 12,93  | 12,43  | 12,20  | 11,85  | 11,48  | 10,95  |  |  |
| $D$           | 10,262   | 10,218 | 10,169 | 10,115 | 10,104 | 10,069 | 10,049 | 10,030 |  |  |
| $D_0$         | 10,292   | 10,242 | 10,189 | 10,127 | 10,116 | 10,077 | 10,294 | 10,033 |  |  |
| $A$           | 10,287   | 10,254 | 10,302 | 10,334 | 10,353 | 10,244 | 10,443 | 10,100 |  |  |
| $E$           | 11,165   | 11,092 | 11,159 | 11,159 | 11,22  | 11,18  | 11,238 | 11,087 |  |  |
| $\sigma_q$    | 10,54    | 10,492 | 10,435 | 10,356 | 10,323 | 10,264 | 10,221 | 10,173 |  |  |
| $C_v$         | 114,30   | 114,50 | 114,90 | 114,70 | 114,68 | 114,21 | 114,94 | 118,0  |  |  |

| Катиф         | напор, м | оценки |        |        |        |        |        |        |        |  |  |
|---------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--|
|               |          | 25     | 20     | 15     | 10     | 8,0    | 6,0    | 4,0    | 2,0    |  |  |
| $\bar{q}$ л/ч |          | 12,48  | 12,33  | 12,22  | 12,35  | 12,41  | 12,38  | 12,43  | 13,02  |  |  |
| $D$           |          | 10,009 | 10,010 | 10,010 | 10,014 | 10,018 | 10,032 | 10,100 | 10,202 |  |  |
| $D_0$         |          | 10,01  | 10,011 | 10,011 | 10,016 | 10,020 | 10,035 | 10,107 | 10,213 |  |  |
| $A$           |          | 10,89  | 11,17  | 11,055 | -0,127 | 10,08  | -0,039 | 10,668 | 10,541 |  |  |
| $E$           |          | 10,14  | 10,133 | 10,056 | 10,186 | 10,182 | 10,175 | 10,236 | 10,125 |  |  |
| $\sigma_q$    |          | 10,098 | 10,106 | 10,104 | 10,124 | 10,14  | 10,186 | 10,33  | 10,46  |  |  |
| $C_v$         |          | 13,9   | 14,50  | 14,70  | 15,30  | 15,8   | 17,8   | 13,6   | 15,2   |  |  |

расхода капельницы не имеет отношения к её качеству, обеспечивающему равномерность расхода.

Изучение изменения среднего расхода по времени производится по критерию Аббе [6], что даёт возможность проверить гипотезу об отсутствии систематического сдвига расхода капельниц в наблюдениях  $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ . Для проверки по методу Аббе следует вычислить статистику

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (q_{i+1} - q_i)^2 \\ D_0 &= \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \end{aligned} \quad (12)$$

и составить частное

$$Z = \frac{Z}{D}$$

где  $Z$  — статистика,  $D_0$  — дисперсия наблюдений;  $n$  — число наблюдений. Вычисленное в течение длительного периода эксплуатации значение  $Z$  сравнивают с  $Z_p$  — табличным его значением [6]. При  $Z > Z_p$  считают, что наблюдения  $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$  не содержат систематического сдвига. В противном случае (при  $Z < Z_p$ ) считают, что наблюдения  $q_1, q_2, q_3, \dots q_n$  имеют систематический сдвиг расходов, т.е. тенденцию уменьшения расхода капельницы с течением времени.

Если в результате расчетов обнаружится наличие систематического сдвига расходов, то можно установить корреляционную связь изменения расходов по времени и дать прогноз момента, начиная с которого расход капельниц не обеспечит характерной для них технологической равномерности.

Показатель равномерности подачи воды капельницами установим, пользуясь данными приведенного статистического анализа. Будем считать, что изменчивость расходов группы капельниц — средняя; т.е. количество капельниц с расходом  $q \leq q_{cp}$  равно 20%. Тогда при нормальном законе распределения отклонение расхода капельниц от среднего его значения  $\bar{q}$  [7 (табл. I)]; [8 (табл. I и IO)] равно

$$q = \bar{q} \pm 1,28 \sigma q, \quad (13)$$

где  $\sigma_q$  - среднеквадратичное отклонение расходов капельниц И.И.Науменко и А.И.Токарь [9], исходя из симметричности нормального закона распределения, вводят понятие "технологическая равномерность расхода капельниц  $K_T$ ", которая записывается в виде

$$K_T = \frac{q_{min}}{\bar{q}} \quad (14)$$

Значение минимального расхода эти авторы принимают (для доверительной вероятности  $P = 1 - \alpha = 0,9$  и уровня значимости  $\alpha = 0,1$  [7, 8]) равным

$$q_{min} = \bar{q} - 1,64 \sigma_q \quad (15)$$

и получают следующее выражение для коэффициента технологической равномерности расхода капельниц:

$$K_T = 1 - 1,64 \sigma_q / \bar{q} = 1 - 1,64 C_v, \quad (16)$$

где  $C_v$  - коэффициент вариации расходов капельниц.

Коэффициент технологической равномерности  $K_T$  характеризует качество капельницы. Чем совершеннее конструкция капельницы, тем выше значение коэффициента  $K_T$ .

В конструктивном отношении отдельные типы капельниц характеризуются постоянством значений расходов  $q$  в определенном (рабочем) диапазоне изменения напоров, для других типов капельниц расход существенно зависит от напора. Поэтому коэффициент расчетной равномерности полива  $K_p$  [9] представляется в виде

$$K_p = K_c \cdot K_T, \quad (17)$$

где  $K_c$  - коэффициент равномерности расхода вдоль поливного трубопровода. Коэффициент  $K_c$  определяется по формуле

$$K_c = \frac{1}{2} \left( \frac{q_m}{q_c} + \frac{q_c}{q_n} \right), \quad (18)$$

где  $q_m$  — расход капельницы, отвечающий напору в конце трубопровода;

$q_n$  — расход капельницы, отвечающий напору в начале трубопровода;

$q_c$  — расход капельницы при среднем напоре.

Для некоторых типов капельниц, например, для капельниц "Молдавия-4АМ" и "Катиф", коэффициент равномерности расхода вдоль поливного трубопровода близок к единице —  $K_c \approx 1$ , т.к. расход указанных капельниц по длине поливного трубопровода практически не меняется.

И.Келлер и Д.Кармели [10] считают, что для обеспечения равномерности полива коэффициент  $K_p$  должен быть близок к 0,9, т.е. равномерность полива на уровне 90%. Отсюда следует, что для каждого конкретного типа капельницы можно определить допустимый диапазон изменения расходов, за пределами которого наступает неработоспособное состояние поливного трубопровода, т.е. происходит его отказ.

Произведем оценку технологической равномерности расходов капельниц Молдавия-4АМ, Варио-Дрип и Катиф, пользуясь данными их лабораторных испытаний. Результаты расчетов коэффициентов технологической равномерности сведены в табл.2.

Как видно из таблицы, лучшую равномерность расходов в широком диапазоне напоров  $H = 2-25$  м обеспечивают капельницы Катиф. В указанном диапазоне напоров коэффициент технологической равномерности расходов  $K_{т.ср.}$  для этих капельниц составляет 0,89. Для обычно практикуемых в системах капельного орошения напоров  $H = 10-20$  м значение коэффициента технологической равномерности несколько выше и равно в среднем 0,94.

Приведенные данные свидетельствуют о высоких конструктивных качествах и преимуществах капельниц Катиф по сравнению с капельницами Варио-Дрип, Молдавия-4АМ, у которых значение коэффициента технологической равномерности ниже.

Для капельниц Варио-Дрип в испытанном диапазоне напоров  $K_{т.ср.} = 0,79$ , а при  $H > 10$  м коэффициент технологической равномерности составляет 0,81. Значения коэффициента  $K_t$  у капельниц Молдавия-4АМ рассматриваются нами для напора  $H > 7$  м (рабочий режим), так как при напорах  $H < 7$  м капельницы попадают

в режим промыва, когда их расходы во много раз больше, чем при рабочем режиме. Среднее значение коэффициента технологической равномерности для капельниц Молдавия-4АМ при  $H = 7-25$  м составляет 0,62, что значительно ниже значений  $K_{т.ср.}$  для капельниц Катиф и Варио-Дрип. Очевидно также, что лучшую равномерность распределения расходов по длине поливного трубопровода обеспечивают капельницы Катиф.

Таблица 2

Значения коэффициента технологической равномерности расходов  $K_{т}$  капельниц

Молдавия-4АМ

|                 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| $H_m$           | 2,0 | 3,5 | 4,5 | 7,0  | 8,5  | 10,0 | 12,0 | 15,0 | 22,0 | 25,0 |
| $q_{min}$ , л/ч | !   | !   | !   | 6,3  | 4,7  | 3,7  | 4,2  | 4,1  | 4,6  | 4,1  |
| $q_{ср}$ , л/ч  | !   | !   | !   | 8,9  | 8,2  | 7,9  | 6,5  | 6,5  | 6,8  | 6,8  |
| $K_{т}$         | !   | !   | !   | 10,7 | 10,5 | 10,4 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 10,6 |

Варио-Дрип

|               |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $H_m$         | 2,0   | 4,0   | 6,0   | 8,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  |
| $q_{min}$ л/ч | 10,72 | 11,20 | 11,50 | 11,74 | 11,98 | 12,34 | 12,76 | 13,06 |
| $q_{ср}$ л/ч  | 10,95 | 11,48 | 11,85 | 12,20 | 12,43 | 12,93 | 13,40 | 13,79 |
| $K_{т}$       | 10,76 | 10,81 | 10,81 | 10,79 | 10,81 | 10,80 | 10,81 | 10,81 |

Катиф

|               |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $H_m$         | 2,0   | 4,0   | 6,0   | 8,0   | 10,0  | 15,0  | 20,0  | 25,0  |
| $q_{min}$ л/ч | 12,22 | 11,92 | 12,12 | 12,22 | 12,16 | 12,10 | 12,20 | 12,34 |
| $q_{ср}$ л/ч  | 13,02 | 12,43 | 12,38 | 12,41 | 12,35 | 12,22 | 12,33 | 12,48 |
| $K_{т}$       | 10,74 | 10,79 | 10,89 | 10,92 | 10,92 | 10,95 | 10,94 | 10,94 |

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 13377-75. Надежность в технике. Термины и определения. М., 1975.
2. Справочник по надежности. - М.: Мир, 1969.
3. Н.Н.Абрамов. Надежность систем водоснабжения. М.: Стройиздат, 1979.

4. Ц.Е.мирцхулава. Надежность гидромелиоративных сооружений. - М.: Колос, 1974.
5. Р.А.Ганджумян. Математическая статистика в разведочном бурении. - М.: Недра, 1978.
6. К.В.Линник. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. - М.: Физматгиз, 1962.
7. Е.И.Пустыльник. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. - М.: Наука, 1978.
8. Г.Ф.Лакин. Биометрия. - М.: Высшая школа, 1990.
9. И.И.Науменко, А.И.Токарь. Гидравлические исследования надежности капельных оросительных систем // Гидравлика и гидротехника. - Киев, 1985. - Вып.40.
10. *Kellez J. Karmeli D. Fzeili Irrigation Design - Glenologa, ain Bizd Spzinklez manufact, Corp-1975 - 230 p.*

Б.Г. Малаев, к.т.н.

Т.И. Палванов

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ  
КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Рассмотрим схему поливного участка капельного орошения, изображенную на рис. 1. Будем считать, что поливной участок создается на склоновых землях (адырах) с расположением участкового трубопровода по наибольшему уклону (вдоль склона), а поливных трубопроводов по нормали к участковому. Поливной участок, ограниченный участковым и поливными трубопроводами, назовем клеткой. Поставим задачу рассчитать элементы трубопроводов, отвечающие некоторому параметру оптимизации. Все рассуждения относим к элементам трубопроводов в пределах клетки. Остальные элементы системы капельного орошения – магистральные и распределительные трубопроводы, запорная арматура, насосная установка и т.п. – мало чем отличаются от элементов закрытой оросительной сети и с позиции оптимизации не рассматриваются.

Исследования проводились путём математического моделирования на персональном компьютере различных конструктивных вариантов системы капельного орошения, гидравлического расчета, программирования урожайности орошаемой сельскохозяйственной культуры и технико-экономических расчетов. За основу взяты результаты многолетнего изучения капельного орошения виноградников в Зааминском опытно-производственном хозяйстве НПО САНИИРИ.

В конструктивном отношении схема капельного орошения в границах поливного участка согласуется со схемой посадки виноградников. При посадке виноградников по схеме  $3,0 \times 2,5$  поливные трубопроводы располагаются на расстоянии 3,0 м, а шаг капельниц принимается по расстоянию между виноградниками в ряду, т.е. 2,5 м. Размер поливного участка выбран из условия свободного вписания одной клетки в рельеф адыров и составляет 1–2 га. Система при этих размерах легко обзревается и контролируется. Расположение рядов виноградников поперек склона лучше отвечает агротехническим требованиям, уменьшает опасность эрозии от лив-

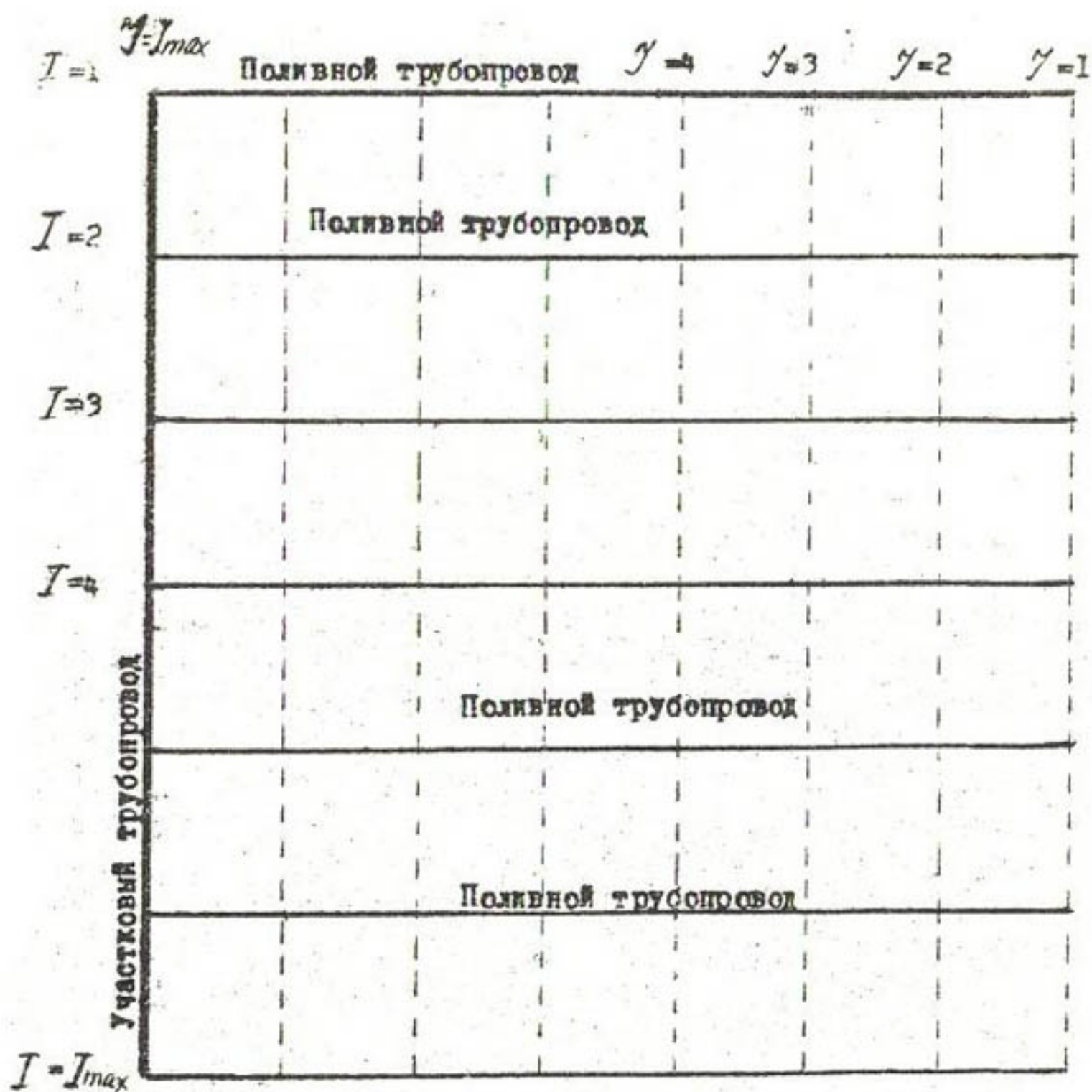


Рис. I. Схема поливного участка

ней, облегчает работу сельхозмашин.

Расчеты системы капельного орошения выполняются с целью определения диаметров поливного трубопровода и труб, используемых для монтажа участкового трубопровода и напора в системе. Найденные расчетом показатели должны обеспечивать эффективность капельного орошения на проектируемом объекте, а совокупность факторов, определяющая эту эффективность, должна минимизировать некоторый параметр оптимизации. Параметр оптимизации будем характеризовать как отношение приведенных затрат по созданию и эксплуатации системы капельного орошения к единице получаемой продукции.

Анализ функционирования систем капельного орошения показал, что к числу определяющих факторов следует отнести: диаметры трубопроводов системы; напор в системе; затраты оросительной воды и урожай винограда; к дополнительным – общие размеры участков, обслуживаемых системами; надежность систем; удобство организации управления и водопользования и т.д. Однако четкое представление о количественных характеристиках этих факторов может быть получено лишь в результате длительной эксплуатации систем КО, в связи с чем их исследование в данной работе не предусматривается.

На рис.2 показана блок-схема программы расчета оптимизации на ЭВМ.

### 1. Гидравлический расчет трубопроводов

Гидравлический расчет трубопроводов системы капельного орошения выполняется с учетом переменности расхода по длине трубопровода [1, 2].

1.1. Рассчитываемый трубопровод делится по длине, начиная с конца, на  $N$  равновеликих участков  $\Delta S_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots, N$ ), ограниченных створами: с низовой стороны –  $j$ -ым, в верховой –  $(j+1)$ -ым ( $j = 0, 1, 2, \dots, N+1$ ). Для участка  $\Delta S_k$  вводятся следующие обозначения:  $h_j$  – пьезометрический напор в  $j$ -ом створе трубопровода;  $h_{j+1}$  – то же, в  $(j+1)$ -ом створе;  $\lambda_k$  – коэффициент гидравлического сопротивления для участка  $\Delta S_k$ ;  $d_p$  – диаметр трубопровода;  $i_k$  – уклон трубопровода в пределах  $\Delta S_k$ ;  $Q_j$  – расход в  $j$ -ом створе;  $Q_{j+1}$  –

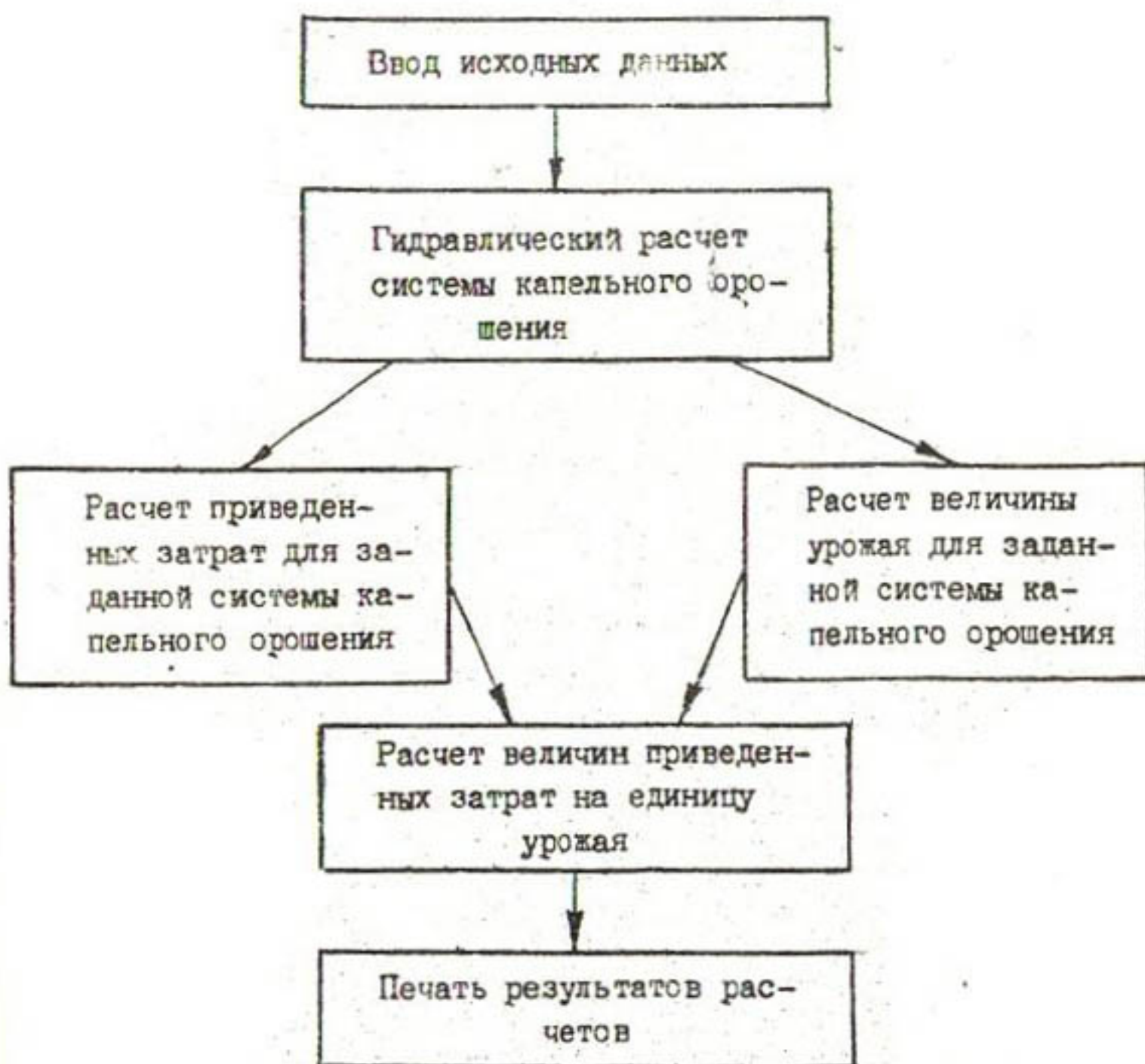


Рис. 2. Блок-схема программы расчета оптимизации на ЭВМ

расход в  $(j+1)$ -ом створе;  $q_k$  - расход капельницы, установленной в середине  $\Delta S_k$  (рис.3,а).

I.2. По известным значениям  $h_j$  и  $Q_j$  вычисляется

$$h_{j+1} = h_j + \lambda_k \frac{16 \Delta S_k \cdot Q_k^2}{2g \pi^2 d_{тр}^5} - i_k \Delta S_k + \frac{16}{2g \pi^2 d_{тр}^4} (Q_j^2 - Q_{j+1}^2), \quad (I.1)$$

где  $Q_k = \frac{1}{2} (Q_{j+1} + Q_j) = \frac{1}{2} (2Q_j + q_k)$ .

На участке  $\Delta S_k$  коэффициент гидравлического трения вычисляется по формуле Блазиуса

$$\lambda_k = \frac{0,316}{Re_k^{0,25}},$$

где

$$Re = \frac{d_{тр} \cdot V_k}{\nu}$$

С учетом

$$V_k = \frac{Q_k}{\omega_k} = \frac{4Q_k}{\pi d_{тр}^2} \quad \text{и} \quad \nu = 0,01$$

$$Re = \frac{400 Q_k}{\pi d_{тр}}.$$

Расход оттока на участке  $\Delta S_k$  вычисляется по зависимостям:

а) в случае расчета поливного трубопровода

$$Q_{от} = q_k = a_0 + a_1 h,$$

где (для данного случая)

$$h = \frac{1}{2} (h_j + h_{j+1});$$

$a_0$  и  $a_1$  - свободный член и коэффициент полинома;

б) в случае расчета участкового трубопровода

$$Q_{от} = f(d_{тр}, h, S),$$

где  $S$  - длина поливного трубопровода.

1.3. Уравнение (1.1) нелинейное, в связи с чем корень этого уравнения  $h_{j+1}$  находится методом итерации по схеме:

первая итерация  $h_{j+1} = h_j$ ,

последующие итерации  $h_{j+1}^{(z+1)} = h_j^{(z)}$ .

Здесь  $z$  - номер итерации.

Итерационный процесс завершается, если на  $(z+1)$ -ой итерации выполняется условие

$$\left| h_{j+1}^{(z+1)} - h_{j+1}^{(z)} \right| \leq 0,001$$

и  $h_{j+1}$ , удовлетворяющее этому условию, принимается как граничное значение  $h_j$  для расчета на следующем участке  $\Delta S_{k+1}$ . В свою очередь, вычисленное значение  $Q_{j+1}$ , соответствующее последнему значению, принимается как граничное значение  $h_{k+1}$  для расчета на участке  $S_{k+1}$ .

Расчет трубопровода начинается с конца, причем, для нулевого (концевого) створа задается

$$h_j = h_{(j=0)} = H; \quad Q_j = Q_{(j=0)} = 0.$$

1.4. Расчет ведется от участка к участку и завершается после вычисления значений расходов оттока на всех участках  $\Delta S_k$  и пьезометрических напоров во всех створах, включая створ, обозначающий вход в трубопровод:

$$h_0, h_1, h_2, \dots, h_j, \dots, h_{n+1};$$

$$q_1, q_2, \dots, q_k, \dots, q_n. \quad (1.2)$$

По (1.2) определяются значение расхода, забираемого в трубопровод

$$Q_z = \sum_{k=1}^{k=N} q_k,$$

и значение скоростного напора

$$h_v = \frac{Q_z^2 \cdot 16}{2g \pi^2 d_{tr}^5}$$

Пьезометрический напор в трубопроводе старшего порядка, из которого осуществляется подача воды в рассчитываемый трубопровод, устанавливается по формуле

$$H_z = h_{N+1} + h_v (1 + \xi),$$

где  $\xi$  — коэффициент местного сопротивления на входе в участковый трубопровод.

I.5. Если два смежных участка  $\Delta S_K$  и  $\Delta S_{K+1}$  находятся на разных высотных положениях, то при переходе с расчета  $\Delta S_K$  к расчету  $\Delta S_{K+1}$  вычисляется

$$h'_{j+1} = h_{j+1} + t,$$

где  $t$  — разность геодезических отметок оси трубопровода на участках  $\Delta S_K$  и  $\Delta S_{K+1}$  (рис. 3, б).

Значение  $h'_{j+1}$  принимается как граничное значение  $h_j$  для расчетов на участке  $\Delta S_{K+1}$ .

I.6. Если при переходе с участка  $\Delta S_K$  к участку  $\Delta S_{K+1}$  диаметр трубопровода изменяется с  $d_1$  на  $d_2$ , вычисляется

$$h'_{j+1} = h_j + \frac{8 \cdot Q_{j+1}^2}{\pi^2 d_1^4 g} - \frac{8 Q_{j+1}^2}{\pi^2 d_2^4 g} (1 + \xi_2),$$

где  $\xi_2$  — коэффициент местного сопротивления для случая резкого сужения трубопровода. Значение  $h'_{j+1}$  принимается как граничное значение  $h_j$  для расчетов на участке  $\Delta S_{K+1}$  (рис. 3, в).

I.7. При расчете системы капельного орошения решаются задачи:

а) определение пьезометрического напора в начальном  $(N+1)$ -ом створе трубопровода и расхода, забираемого в трубопровод, при ограничениях

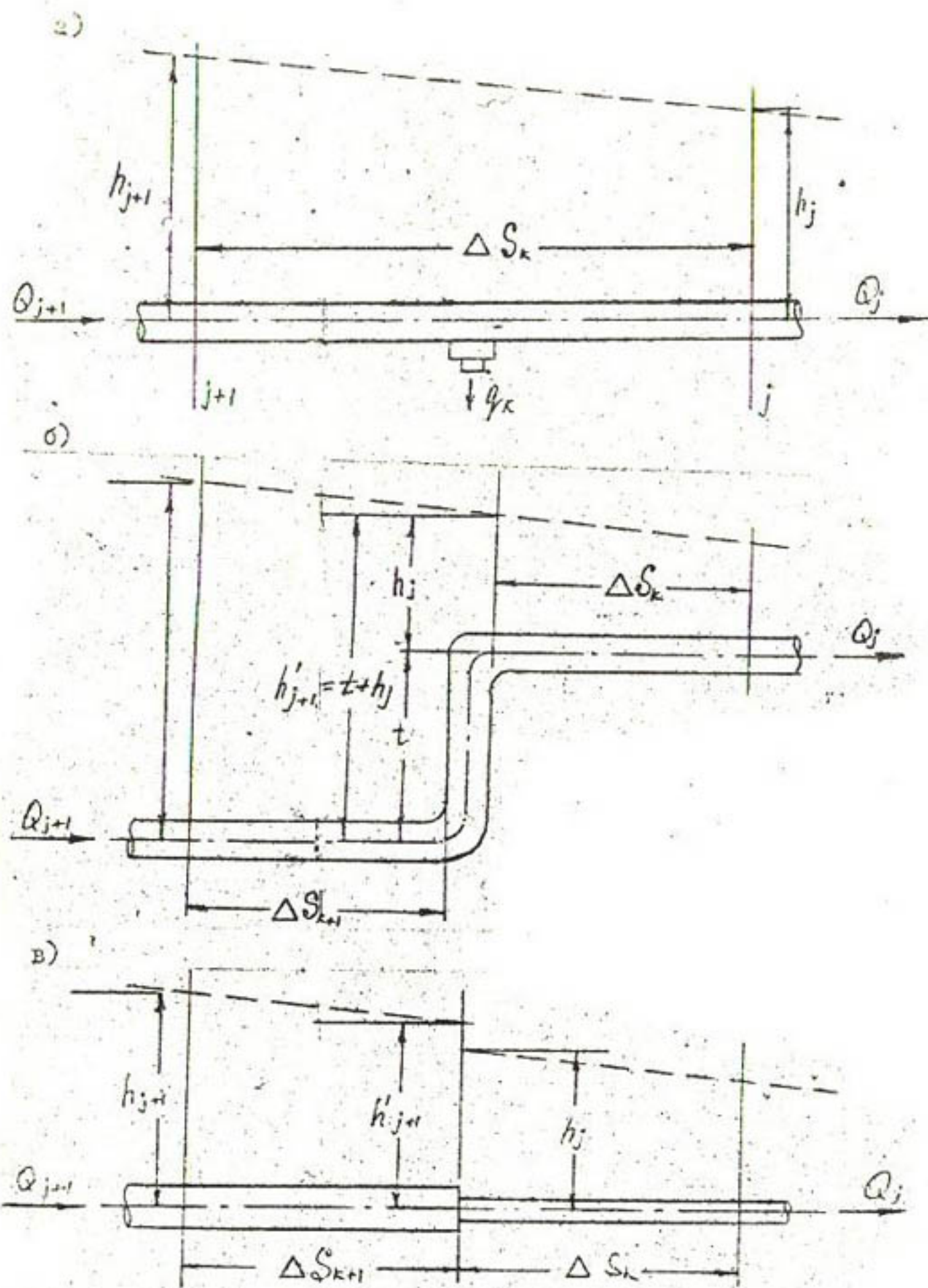


Рис. 3. Схема к гидравлическому расчету трубопроводов системы капельного орошения

$$\begin{aligned} h_j &\geq h_3 ; \\ h_0 &= h_3 , \end{aligned} \quad (1.3)$$

здесь  $h_3$  - заданное значение пьезометрического напора;

б) определение положения пьезометрической линии

$$h_{N+1}, h_N, \dots, h_j, \dots, h_0$$

и расхода, забираемого в трубопровод, при ограничениях

$$\begin{aligned} h_j &\geq h_3 ; \\ h_{N+1} &= h_3 . \end{aligned} \quad (1.4)$$

Задача "а" решается в соответствии с процедурами по пунктам 1.3 - 1.4 и с учетом ограничения (1.3). В случае невыполнения ограничения (1.3) расчет прекращается и делается вывод о том, что данный трубопровод при заданных  $d_{тр}, i, t, S, h_3$  функционировать не может.

Для решения задачи "б" выполняются следующие операции:

задается первое приближение:  $h_0 = h_3$ ;

выполняются процедуры по пунктам 1.3 - 1.4; проверяется условие

$$(h_{N+1} - h_3) > \mu , \quad (1.5)$$

где  $\mu$  - заданная малая величина. Если условие (1.5) выполняется, расчет прекращается и делается вывод о том, что трубопровод при заданных  $d_{тр}, i, t, S, h_3$  функционировать не может.

Если выполняется условие

$$|h_{N+1} - h_3| \leq \mu$$

$$h_j \geq h_3 \quad (1.6)$$

делается вывод о том, что рассчитываемый трубопровод при заданных  $d_{тр}, i, t, S, h_3$  функционировать может.

Искомые величины

$$h_{N+1}, h_N, \dots, h_j, \dots, h_0 \text{ и } Q_{N+1}$$

используются для дальнейших расчетов или выводятся на печать. Если выполняется условие

$$\begin{aligned} \mu < (h_{N+1} - h_3) < 0 \\ h_j \geq h_3, \end{aligned} \quad (1.7)$$

последовательными приближениями

$$h_0^{z+1} = h_0^z + \Delta h,$$

где  $z$  - номер приближения;  $\Delta h$  - приращение к  $h_0^z$ , определяются два значения:

$$F_1 = (h_{N+1} - h_3)^z; \quad F_2 = (h_{N+1} - h_3)^{z+1},$$

которые будут отвечать условиям

$$F_1 > 0; \quad F_2 < 0. \quad (1.8)$$

Далее организуется итерационный процесс по схеме Моллера. Обозначаются

$$(h_0^R)'_{F<0} = h_0^{z+1}, \quad (h_0^R)''_{F>0} = h_0^z.$$

Итерация выполняется по схеме

$$h_0^{k+1} = \frac{1}{2} [(h_0^R)'_{F<0} + (h_0^R)''_{F>0}]$$

до выполнения условия (1.8).

## 2. Расчет величины урожая

На опытных полях Зааминского ОПХ им. В. В. Пославского в течение ряда лет проводились исследования по изучению различных вариантов капельного орошения виноградников сорта "Кишмиш Черный". По результатам исследований построена регрессия урожайности куста винограда  $Y$  по оросительной норме  $m$ , по-

лученной им за вегетационный период,

$$y = 1,364 + 0,844 \cdot m - 0,117 \cdot m^2, \quad (2.1)$$

где  $y$  — урожайность куста, ц/куст;  
 $m$  — оросительная норма, м<sup>3</sup>/куст.

В процессе гидравлического расчета системы капельного орошения получены значения расходов капельных водовыпусков для каждой точки посадки куста винограда с координатами  $i, j$ . Задавшись оптимальной величиной оросительной нормы и средним расходом капельницы  $q_{cp}$ , вычислим продолжительность полива за вегетацию —  $T$  час. Величину расхода капельницы  $q_{i,j}$  для каждой точки карты умножаем на продолжительность полива за вегетацию  $T$  и находим величину оросительной нормы, поданной кусту винограда за вегетацию —  $m_{i,j}$ .

Воспользовавшись уравнением регрессии (2.1), подсчитаем величину урожая  $y_{i,j}$  для данного куста в зависимости от величины оросительной нормы. Суммируя величины кустов по данной карте, получаем урожай винограда со всей площади, обслуживаемой данной конструкцией системы капельного орошения:

$$y_{ка} = \sum_{i=1}^{i=T_{max}} \cdot \sum_{j=1}^{j=J_{max}} \cdot y_{i,j}. \quad (2.2)$$

Для вычисления фактической урожайности, полученный валовой объем урожая делим на фактическую величину площади клетки, определяемую по формуле

$$w = \frac{l_{от} \times l_{пр}}{10\,000}, \text{ га} \quad (2.3)$$

Здесь  $w$  — площадь клетки, га;

$l_{от}$  — длина участкового трубопровода, м;

$l_{пр}$  — длина поливного трубопровода, м.

Величина фактической урожайности рассчитывается по зависимости

$$y_{ф} = \frac{y_{ка}}{w} = \frac{\sum_{i=1}^{i=I_{max}} \sum_{j=1}^{j=J_{max}} y_{i,j}}{w}, \text{ ц/га} \quad (2.4)$$

где  $Уф$  - фактическая урожайность, ц/га;  
 $W$  - площадь клетки, га;  
 $Ука$  - валовой урожай винограда с клетки, ц.

Приведенные зависимости реализуются в программе расчета величины продукции, получаемой с клетки виноградников, орошаемой различными вариантами системы капельного орошения.

### 3. Определение приведенных затрат

В инженерных оптимизационных расчетах исходным уравнением является уравнение удельных приведенных затрат, отнесенных к единице продукции [3],

$$Z = Z_k + Z_{эк} \quad (3.1)$$

где  $Z_k$  - составляющая капитальных затрат;  
 $Z_{эк}$  - составляющая эксплуатационных затрат;  
 $Z$  - удельные приведенные затраты, отнесенные к единице продукции.

Беличина годовых затрат  $Z_k$ , связанная с капитальными вложениями на создание системы капельного орошения, определяется нормативным коэффициентом  $E = 0,12$ , т.е.  $Z_k = K \cdot E$ .

Капитальные вложения  $K$  на создание системы капельного орошения складываются из затрат на трубы для участковых и поливных трубопроводов, штуцеры, заглушки, переходники, капельницы и строительно-монтажные работы:

$$K = K_{ут} + K_{пт} + K_k + K_{н.с.} + K_{с.м.р.}, \quad (3.2)$$

где  $K$  - капвложения в систему капельного орошения;  
 $K_{ут}$  - стоимость участковых трубопроводов, переходников и заглушек на нём;  
 $K_{пт}$  - стоимость поливных трубопроводов, штуцеров, заглушек;  
 $K_k$  - стоимость капельниц;  
 $K_{н.с.}$  - капеложения в насосную станцию;  
 $K_{с.м.р.}$  - стоимость строительно-монтажных работ.

Величина годовых эксплуатационных затрат складывается из амортизационных отчислений; зарплаты обслуживающего систему персонала; отчислений на соцстрах; затрат на ремонтные работы; стоимости электроэнергии и оросительной воды и может быть представлена в виде зависимости

$$Z_{\text{эк}} = A + ЗП + ОС + \rho + Э + СВ, \quad (3.3)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.

$$A = K_{OC} \times (K_{ут} + K_{пт} + K_k) + K_H \times K_{нс} \quad (3.4)$$

$K_{OC} = 0,033$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление пластмассовых труб для капельного орошения [4];

$K_H = 0,125$  – то же, для мелиоративных насосов;

$ЗП$  – заработная плата обслуживающего систему персонала. Устанавливается по данным экспертной оценки из расчета, что на СКО необходимы 3,5 единицы на 100 га в течение 6 месяцев, при заработной плате 150 сум в месяц, т.е.

$$ЗП = \frac{3,5 \times 150 \times 6}{100} = 31,5 \text{ руб/га};$$

$ОС$  – отчисления на соцстрах

$$ОС = 0,4 \times ЗП; \quad (3.5)$$

$\rho$  – текущие ремонтные работы

$$\rho = t_{нс} \times K_{нс} + t_{ос} \times (K_{ут} + K_{пт} + K_k), \quad (3.6)$$

где  $t_{нс} = 0,05$  – норма затрат на текущий ремонт насосных установок [5];

$t_{ос} = 0,004$  – то же, на текущий ремонт полиэтиленовых труб;

$Э$  – затраты на электроэнергию при машинном водоподъеме. По Д.Т.Зузику [6], они определяются по формуле

$$\mathcal{E} = 0,004 \times m \times H \times C_3, \quad (3.7)$$

где  $m$  - оросительная норма,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  
 $H$  - высота подъема воды,  $\text{м}$ ;  
 $C_3$  - стоимость по тарифу одного кВт.ч электроэнергии,  
 $C_3 = 0,01 \text{ руб/кВт.ч}$ ;  
 $CB$  - стоимость воды по тарифу.

$$CB = m \times CB_e, \quad (3.8)$$

где  $CB_e$  - стоимость  $1 \text{ м}^3$  воды.

Согласно проработкам САНИИРИ, приняты следующие значения  $CB_e$ :

Бухарская область

$$CB_e = 0,0395 \text{ руб/м}^3;$$

Наманганская область

$$CB_e = 0,0205 \text{ руб/м}^3;$$

Самаркандская область

$$CB_e = 0,0086 \text{ руб/м}^3;$$

Джизакская область

$$CB_e = 0,0098 \text{ руб/м}^3.$$

Выполнив расчет удельных приведенных затрат на создание системы капельного орошения, отнесем их к величине продукции (урокая), получаемой с помощью созданной системы, и получим целевую функцию в виде

$$ЦФ = \frac{3}{y_{\phi}}, \quad (3.9)$$

В рассматриваемой задаче величина капвложений в систему капельного орошения зависит от конструкции участкового трубопровода и диаметров труб поливных трубопроводов, которые могут варьировать в широких пределах и, следовательно, являются

свободным параметром.

Рассматривая по определенному плану различные варианты системы капельного орошения, находим для целевой функции (3.9) её минимальное значение. Отвечающая этому значению конструкция системы капельного орошения с соответствующими диаметрами участкового и поливных трубопроводов будет представлять собой оптимальную систему, так как величина удельных приведенных затрат на единицу продукции является минимальной.

Результаты расчета по изложенной методике для одного из вариантов системы капельного орошения приводятся в таблице.

Расчет выполнялся для следующих исходных данных:

диаметр поливного трубопровода 20 мм;

диаметры участкового трубопровода 63, 75, 90, 110 и 160 мм;

длина поливного трубопровода - 91,3 м;

длина участкового трубопровода - 105,1 м;

уклон поливного трубопровода - 0,01;

уклон участкового трубопровода - 0,107;

шаг между поливными трубопроводами - 3 м;

шаг между капельницами - 2,5 м;

средний расход капельницы - 2,9 л/ч;

напор в голове клетки - 15,0 м;

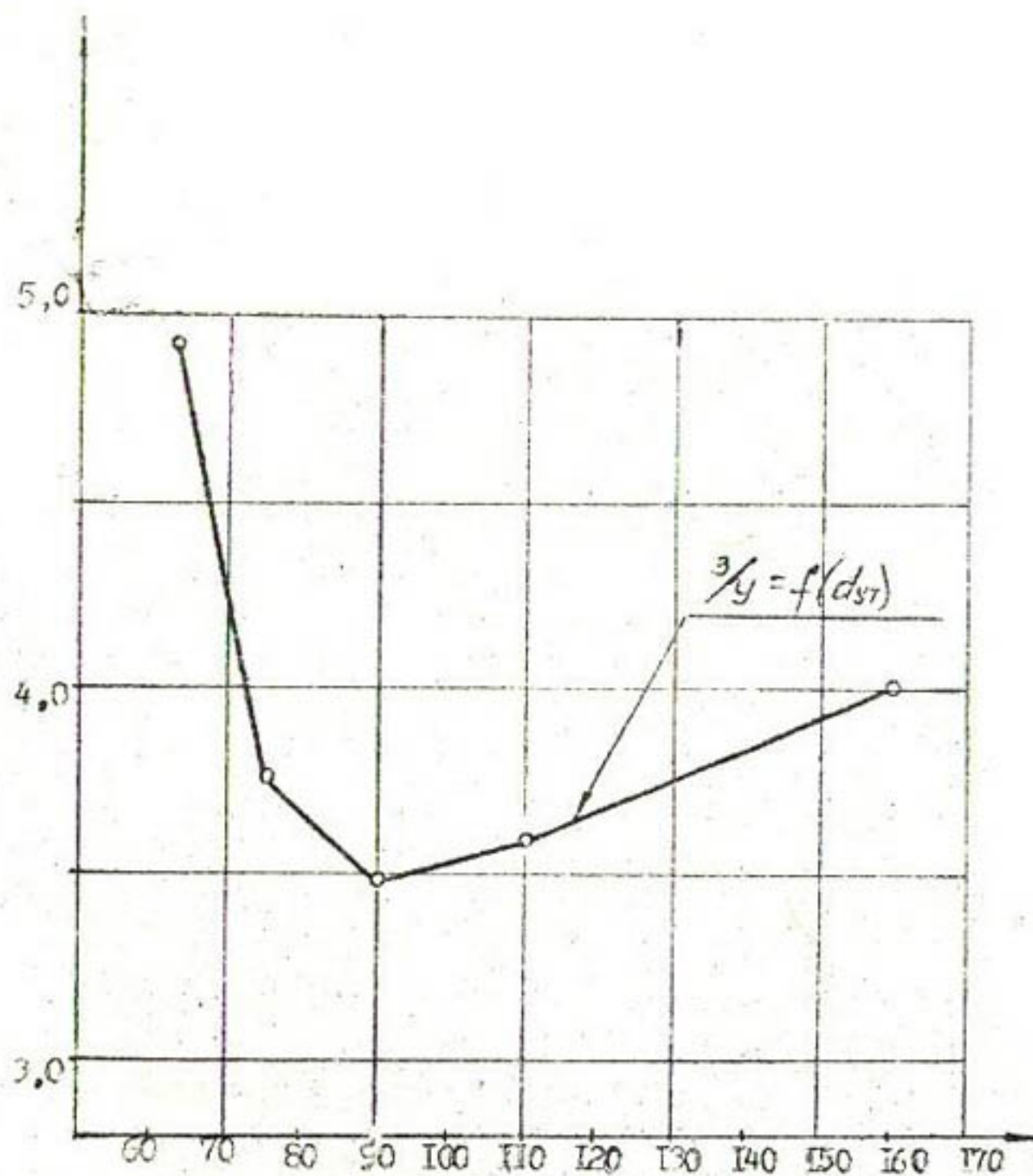
оросительная норма - 3400 м<sup>3</sup>/га.

На основе данных таблицы на рис.4 построен график

$$\frac{Z}{y} = f(d_{yr}),$$

из которого следует, что для рассматриваемого варианта конструкции капельного орошения с однообразным (не телескопическим участковым трубопроводом) оптимальное решение достигается при  $d_{yr} = 90$  мм.

Приведенные затраты на единицу продукции -  $z/y$ , руб.



Диаметры участковых трубопроводов -  $d_{yp}$ , мм

Рис. 4. График изменения приведенных затрат в зависимости от диаметра участкового трубопровода.

Результаты расчетов различных вариантов  
систем капельного орошения на ЭВМ

| Показатели                                            | Варианты диаметров участкового трубо-<br>провода, мм |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                                       | 63                                                   | 75    | 90    | 110   | 160   |
| Расчетная величина<br>капвложений на 1 га,<br>руб.    | 2829                                                 | 2881  | 2950  | 3090  | 3472  |
| Эксплуатационные за-<br>траты, руб.                   | 341                                                  | 344   | 349   | 358   | 383   |
| Расчетная урожайность                                 | 137,8                                                | 183,1 | 201,8 | 202,9 | 199,5 |
| Сумма приведенных за-<br>трат, руб.                   | 680                                                  | 690   | 703   | 729   | 799,5 |
| Приведенные затраты<br>на единицу продукции,<br>руб/ц | 4,93                                                 | 3,77  | 3,48  | 3,59  | 4,01  |

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Г.А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. - М. - Л., 1951.
2. Мухтаров М.П., Палванов Т.И., Маллаев Б.Г. Принципы проектирования капельного орошения на адрах // Совершенствование водосберегающей технологии и прогрессивной техники полива на орошаемых землях Средней Азии. - Ташкент, 1989. - С.76-88.
3. Полисюк Г.Е. Экономико-математические методы в планировании. - М.: Стройиздат, 1978.
4. Единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР. - М., 1991.
5. Справочник Мелиорация и водное хозяйство. Справочник. - М.: Экономика. 1984, - Т.1.
6. Зузик Д.Т. Экономика водного хозяйства. - М.: Колос, 1980.

Э.Д.Чолпанкулов, канд.геогр.наук  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РАБОТЫ  
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ  
С ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ, ОРОШАЕМЫХ КАПЕЛЬНЫМ  
И БОРОЗДКОВЫМ СПОСОБОМ ПОЛИВА

Определение оптимальных норм и сроков поливов — одна из сложнейших задач орошаемого земледелия. При решении её необходимо учитывать все природно-климатические условия данного региона. Основная задача, поставленная перед нами в 1993 г., — экспериментальное определение суммарного испарения с полей хлопчатника, орошаемых бороздковым и капельным способом полива. Полевые исследования по определению суммарного испарения проводились в лесопитомнике "Заравшан" Иштыханского района Самаркандской области. По классификации Средазгипроводхлопка, почвы в исследуемой зоне автоморфные, формирующиеся без влияния грунтовых вод [1]. Для решения искомой задачи были организованы два опытных участка — один на поле, орошаемом бороздковым способом полива, другой — на участке капельного орошения. Оба опытных участка были оборудованы приборами для наблюдений за микроклиматом хлопкового поля и солнечной радиацией. Суммарное испарение определялось методом теплового баланса. Для получения достоверных и объективных данных о составляющих теплового и радиационного балансов приземного слоя атмосферы и деятельного слоя растительного покрова требовались эксперименты с применением специальной аппаратуры, позволяющей осуществлять обширный и сложный комплекс измерений. Методика теплобалансовых наблюдений предусматривала актинометрические, градиентные и фитометрические измерения.

Актинометрические наблюдения включали определение потоков суммарной и рассеянной солнечной радиации и радиационного баланса с помощью пиранометров и балансомеров. Поток тепла в почву определялся по стандартной методике с помощью колеччатых термометров Савинова. Проверка и градуировка актино-

метрических приборов производилась до начала полевых наблюдений. Кроме того, в ясные и маловетренные дни регулярно производилась проверка актинометрических приборов методом "солнце - тень" и проверка их переводных множителей.

Для измерений вертикальных градиентов температуры и влажности воздуха над хлопковым полем применялись аспирационные психрометры, расположенные горизонтально на высоте 50 и 200 см от действительной поверхности. Скорость ветра измерялась чашечными анемометрами, установленными на тех же высотах. Наблюдения проводились суточными сериями в сроки: 6, 9, 12, 15, 18 и 24 часа местного солнечного времени.

Влажность почвы определялась в течение всего цикла работ. Отбор образцов влажности проводился при помощи бура в двукратной повторности по слоям через 20 см до глубины 1 м. Несмотря на большую трудоемкость и продолжительность цикла измерений метод термостатно-весовой сушки обеспечивает в полевых условиях необходимый диапазон и точность измерений.

Подача воды на опытный участок бороздкового полива фиксировалась с помощью металлических водосливов. Поступление воды на опытные участки за счет атмосферных осадков принималось по данным наблюдений ближайшей метеорологической станции. В табл. I приведены результаты наблюдений основных метеорологических величин, по данным метеостанции Каттакурган за 1993 г.

Таблица I

Основные метеорологические характеристики за вегетационный период по метеостанции Каттакурган

| Период                | М е с я ц                          |      |      |      |      |      |                  |
|-----------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------------------|
|                       | 4                                  | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | средн.<br>за 4-9 |
| Средне-<br>многолетн. | 14,1                               | 20,4 | 25,2 | 27,5 | 25,3 | 19,1 | 21,9             |
| 1993 г.               | 14,9                               | 18,2 | 25,9 | 28,2 | 25,0 | 21,4 | 22,2             |
| Средне-<br>многолетн. | относительная влажность воздуха, % |      |      |      |      |      |                  |
|                       | 65                                 | 50   | 35   | 32   | 32   | 37   | 42               |
| 1993 г.               | 64                                 | 66   | 47   | 36   | 40   | 48   | 50               |

Продолж. таблицы I

| Период                | М е с я ц |    |                 |   |   |   |                          |
|-----------------------|-----------|----|-----------------|---|---|---|--------------------------|
|                       | 4         | 5  | 6               | 7 | 8 | 9 | средн.<br>за 4-й,<br>9-й |
| Средне-<br>многолетн. | 56        | 25 | осадки, мм<br>4 | 1 | 0 | 2 | 88,0                     |
| 1993 г.               | 56,6      | 31 | 8               | - | - | - | 95,6                     |

Как видно из табл. I, 1993 г. по температуре воздуха был теплее, чем среднемноголетний год. Относительная влажность воздуха и осадки выше среднемноголетних показателей. Повышенная относительная влажность воздуха имеет для произрастания хлопчатника положительное значение, так как при большой сухости воздуха возникает явление воздушной засухи, что отрицательно влияет на урожай. Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что исследуемый год с точки зрения климатических условий был благоприятным для получения планового урожая хлопка-сырца.

От точности определения суммарного испарения во многом зависит надежность воднобалансовых расчетов. Применяемые в настоящее время методы определения испарения являются, по существу, вариациями трех основных методов. Первый - метод водного баланса, второй - измерения оттока водяного пара в атмосферу, третий - метод измерения затрат энергии на испарение, или метод теплового баланса. Не останавливаясь подробно на методе теплового баланса, достаточно хорошо описанном в специальной литературе, следует отметить, что это наиболее точный метод определения суммарного испарения в полевых условиях.

Для определения суммарного испарения на опытных площадках были установлены термоэлектрические балансомеры и пиранометры. Высота установки балансомеров - 1 м от деятельной поверхности. За деятельную поверхность при сомкнутом растительном покрове обычно условно принимается плоскость, находящаяся на уровне  $2/3$  высоты растений. По мере роста последних ба-

лансомеры перемещались вверх. Балансомеры на специальной штанге были выдвинуты на 1,5 м вперед от места расположения наблюдателя и предметов, которые могли исказить поток солнечной радиации, проходящей на пластину балансомера сверху и снизу, и направлены строго на юг. Все приборы подключались к гальванометрам ГСА-1 м, по шкалам которых производились отсчеты. Методика измерений по актинометрическим приборам изложена в "Руководстве по градиентным наблюдениям и определению составляющих теплового баланса" (Л.: Гидрометеиздат, 1964).

Результаты наблюдений за величиной суммарного испарения на хлопковых полях, орошаемых при помощи бороздкового и капельного способа полива, приведены в табл. 2 и 3. Как видно из данных табл. 2, 3, 4, 5, 6, величина суммарного испарения при капельном способе полива ниже, чем при бороздковом. Величина испарения за вегетационный период — с апреля по сентябрь — при капельном орошении меньше на 20%, чем за этот же период при бороздковом. В июле и августе, когда поливы производились двумя способами, при капельном орошении влаги испарилось на 30% меньше, чем при бороздковом. Величина физического испарения при капельном способе полива составила 25% от суммарного испарения, а при бороздковом — 41%.

При оценке условий произрастания растений широко используются параметры типа потенциально возможного испарения, или испаряемости. Обычно под испаряемостью понимается максимально возможное испарение при данных метеорологических условиях и достаточной влагообеспеченности. Для определения величины испаряемости предложен ряд экспериментальных методов, а также эмпирические формулы, основанные на корреляционных связях испаряемости с дефицитом влажности воздуха, радиационным балансом и т.п. Многие исследователи предлагали принимать за величину испаряемости величину испарения с открытой водной поверхности, полагая, что в таких условиях наиболее полно обеспечивается неограниченное

Таблица 2

Декадные величины суммарного испарения с хлопкового поля, орошаемого капельным способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | Итого |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1               | 17 | 42  | 49  | 38  | 50  | 196   |
| 2               | 31 | 42  | 70  | 46  | 35  | 224   |
| 3               | 40 | 52  | 51  | 52  | 20  | 215   |
| За месяц        | 88 | 136 | 170 | 136 | 105 | 635   |

Таблица 3

Декадные величины суммарного испарения с поля, орошаемого бороздковым способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6   | 7   | 8   | 9   | Итого |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1               | 17 | 42  | 72  | 60  | 52  | 243   |
| 2               | 31 | 42  | 66  | 64  | 44  | 247   |
| 3               | 40 | 66  | 83  | 54  | 34  | 277   |
| За месяц        | 88 | 150 | 221 | 178 | 130 | 767   |

Таблица 4

Декадные величины транспирации с хлопкового поля, орошаемого капельным способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6   | 7   | 8  | 9  | Итого |
|-----------------|----|-----|-----|----|----|-------|
| 1               | 16 | 33  | 33  | 24 | 38 | 144   |
| 2               | 25 | 29  | 57  | 34 | 25 | 170   |
| 3               | 26 | 38  | 37  | 35 | 20 | 156   |
| За месяц        | 67 | 100 | 127 | 93 | 83 | 470   |

Таблица 5

Декадные величины физического испарения с поля,  
орошаемого капельным способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | Итого |
|-----------------|----|----|----|----|----|-------|
| 1               | 1  | 9  | 16 | 14 | 12 | 52    |
| 2               | 6  | 13 | 13 | 12 | 10 | 54    |
| 3               | 14 | 14 | 14 | 17 | -  | 59    |
| За месяц        | 21 | 36 | 43 | 43 | 22 | 165   |

Таблица 6

Декадные величины транспирации с хлопкового  
поля, орошаемого бороздковым способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6  | 7   | 8   | 9  | Итого |
|-----------------|----|----|-----|-----|----|-------|
| 1               | 1  | 19 | 32  | 49  | 49 | 150   |
| 2               | 6  | 29 | 44  | 49  | 23 | 151   |
| 3               | 14 | 30 | 63  | 41  | -  | 148   |
| За месяц        | 21 | 78 | 139 | 139 | 72 | 449   |

Таблица 7

Декадные величины физического испарения с поля,  
орошаемого бороздковым способом, мм

| Месяц<br>Декада | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | Итого |
|-----------------|----|----|----|----|----|-------|
| 1               | 16 | 23 | 40 | 11 | 3  | 93    |
| 2               | 25 | 13 | 22 | 15 | 21 | 96    |
| 3               | 26 | 36 | 20 | 13 | 34 | 129   |
| За месяц        | 67 | 72 | 82 | 39 | 58 | 318   |

поступление влаги к испаряющей поверхности. В этом случае возможно экспериментальное определение испаряемости с помощью специальных установок.

По нашему мнению, величина испарения с водной поверхности не отражает истинной величины испаряемости, так как метеорологические характеристики водной поверхности существенно отличаются от таковых для почвы и растительного покрова. При определении истинных величин испаряемости измерения должны производиться непосредственно в условиях сельскохозяйственного поля, парового и занятого исследуемой культурой. В табл. 8 приведены значения испаряемости.

Таблица 8

Величина испаряемости, мм

| Месяц<br>Декада | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | Итого |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1               | 20  | 49  | 94  | 81  | 72  | 316   |
| 2               | 36  | 71  | 71  | 68  | 46  | 292   |
| 3               | 44  | 80  | 80  | 67  | 45  | 316   |
| Сумма           | 100 | 200 | 245 | 216 | 163 | 924   |

Как видим, величина испаряемости за вегетационный период – с мая по сентябрь – составила 924 мм, или 9240 м<sup>3</sup>/га. Структура водного баланса сельскохозяйственного поля даёт возможность оценить эффективность использования ограниченных запасов влаги. Водный баланс опытного участка можно записать в виде

$$W = O_c + O_{op} - E \pm g, \text{ м}^3/\text{га}.$$

Здесь  $W$  – изменение запасов влаги в зоне аэрации;  $O_c$  – атмосферные осадки;  $O_{op}$  – количество воды, поданное на орошаемое поле;  $E$  – суммарное испарение;  $g$  – величина подпитывания зоны аэрации со стороны нижележащих слоев ( + ) или питания нижележащих слоев опускающейся почвенной влагой ( - ).

Величины основных составляющих водного баланса опытных участков метрового слоя почвы приведены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Водный баланс опытного участка  
(капельный полив, м<sup>3</sup>/га)

| Месяц | Приход |                 | Расход               | Измене-<br>ние запа-<br>сов вла-<br>ги | ±ε          |
|-------|--------|-----------------|----------------------|----------------------------------------|-------------|
|       | осадки | водо-<br>подача | суммарн.<br>испарен. |                                        |             |
| 5     | 310    | -               | 310                  | 880                                    | + 338 908   |
| 6     | 80     | 1196            | 1276                 | 1360                                   | - 268 - 184 |
| 7     | -      | 1520            | 1520                 | 1700                                   | - 42 138    |
| 8     | 20     | 1454            | 1474                 | 1360                                   | - 803 - 917 |
| Итого | 410    | 4170            | 4580                 | 5300                                   | - 775 - 55  |

В невегетационный период расход влаги на испарение обеспечивается в основном осадками и запасами почвенной влаги. В течение вегетационного периода расход основной составляющей в приходной части водного баланса хлопкового поля являются поливы, обеспечивающие около 90% прихода влаги. Атмосферные осадки выпадают преимущественно в начале вегетации. Запасы почвенной влаги, образовавшиеся до посева, играют важную роль в улучшении водообеспеченности растений. В начале мая 1993 г. запасы влаги в метровом слое составляли 2030 м<sup>3</sup>/га.

Как видно из структуры баланса, капельный способ орошения по сравнению с бороздковым экономит водные ресурсы, необходимые для жизнедеятельности растений. Урожайность при капельном способе полива зафиксирована на уровне 35, при бороздковом - 27 ц/га. Количество воды, необходимое для получения одного центнера хлопка-сырца, при капельном орошении составляет 130, при бороздковом - 279 м<sup>3</sup>/ц.

Таблица 10

Водный баланс опытного участка  
(бороздковый полив, м<sup>3</sup>/га).

| Месяц | Приход |                 |       | Расход<br>суммарн.<br>испарен. | Измене-<br>ние за-<br>пасов<br>влаги | ± G    |
|-------|--------|-----------------|-------|--------------------------------|--------------------------------------|--------|
|       | осадки | водо-<br>подача | итого |                                |                                      |        |
| 5     | 310    | -               | 310   | 880                            | + 338 <sup>9</sup>                   | 908    |
| 6     | 80     | 2400            | 2480  | 1500                           | - 1142                               | - 2122 |
| 7     | -      | 1200            | 1200  | 2210                           | + 260                                | 1270   |
| 8     | 20     | 2400            | 2420  | 1780                           | - 260                                | - 900  |
| 9     | -      | 1200            | 1200  | 520                            | 0.0                                  | - 680  |
| Итого | 410    | 7200            | 7610  | 6890                           | - 804                                | - 1524 |

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. - Ташкент, 1970. - 292 с.
2. Аверьянов С.А. Расчет горизонтального дренажа при борьбе с засолением орошаемых земель. - М.: АН СССР, 1959. - 84 с.

Р.Г.Любар, к.т.н.

Э.В.Малаев

(СП "САНИЩАСТ")

ТИПОВЫЕ СХЕМЫ СКО НА ПРОПАШНЫХ  
КУЛЬТУРАХ

Использование типовых схем СКО для различных видов сельскохозяйственных культур значительно облегчает как проектирование, так и комплектацию и строительство оросительных систем. По мере развития СКО, увеличения номенклатуры конструкций, разнообразия деталей и узлов, позволяющих в заводских условиях производить комплекты оросительных сетей, разрабатывались и типовые схемы, способствующие индустриализированному внедрению капельного орошения на стадии проектирования, заводского изготовления и строительства.

Однако различие климатических и почвенных условий, рельефа, видов сельскохозяйственных культур, схем посадок и т.д. даже при незначительных различиях в исходных данных приводят к такому множеству типовых схем, что использование их в заводском изготовлении и комплектация становятся крайне неудобным и громоздким при необходимости обеспечения строительных организаций полным комплектом поливного оборудования.

Каталог типовых схем СКО, разработанных "Союзводпроект", предусматривает модуль площадью 10 га со строго зафиксированными размерами в плане. Очень сложно "встроить" модуль в проектируемые реальные площади, не кратные его размерам, а также выбрать из множества типовых вариантов схем наиболее приемлемый (для сада, например, предусмотрено 40 типовых схем с номенклатурой около 60 единиц).

Следовательно, необходимо выбрать такой базовый элемент СКО, который имел бы неизменяемую номенклатуру деталей и конструкций, из которых можно было бы "набирать" оросительные системы любой площади.

В качестве базовой единицы СКО нами предлагается участок (модуль) площадью 1,5-6,0 га, управляемый одним гидрантом, подключенным к распределительному трубопроводу. Типовой модуль включает:

участковый полиэтиленовый трубопровод  $d$  32-75 мм;  
поливной трубопровод  $d$  12-25 мм с капельницами;  
стояки-водовыпуски (трех- и шестивыходные) для подклю-  
чения поливной сети и участковой.

В зависимости от площади и места расположения внутри проектируемого участка модуль может быть выполнен в несколь-  
ких вариантах: с одно- или двусторонним командованием участ-  
кового трубопровода, с продольным или поперечным его распо-  
ложением по отношению к распределительному трубопроводу  
(рис. 1).

Участковые ( $d$  40-75 мм) и поливные ( $d$  16-25 мм) трубо-  
проводы (полиэтиленовые, ГОСТ 18599-83) комплектуются пласт-  
массовыми соединительными деталями.

Капельницы, встроенные в трубопровод типа "Вариодрип",  
используются для пропашных и многолетних сельхозкультур;  
наружного расположения, типа "Молдавия", - только для садов  
и виноградников.

Стояк-водовыпуск (рис. 2) предназначен для использо-  
вания, в основном, на пропашных культурах для присоединения  
3- или 6-поливных трубопроводов к участковому.

Конструкция водовыпуска позволяет оперативно произво-  
дить раскладку и сборку поливных трубопроводов после уборки  
урожая и перед первым поливом, без нарушения участковых тру-  
бопроводов. Все элементы водовыпуска выполнены из пластмассы,  
на резьбовых соединениях с резиновыми уплотнителями и цанго-  
выми зажимами типа "зуб" (см. рис. 2).

Подача воды на поливной модуль осуществляется через ти-  
повой гидрант. Детали гидранта выполняются из оцинкованных  
или поливинилхлоридных труб. Конструкция гидранта включает  
сетчатый аварийный фильтр, клапан или задвижку, соединитель-  
ные элементы, а также манометры для контроля за давлением воды  
в системе и степенью загрязнения фильтра (рис. 3).

В соответствии с исходными данными (климатические усло-  
вия, вид сельхозкультуры, максимальное суточное водопотреб-  
ление) для проектируемой площади определяются: диаметры уча-  
стковых и поливных трубопроводов, их гидравлические характе-  
ристики, оптимальная площадь и схема данного модуля, номенк-

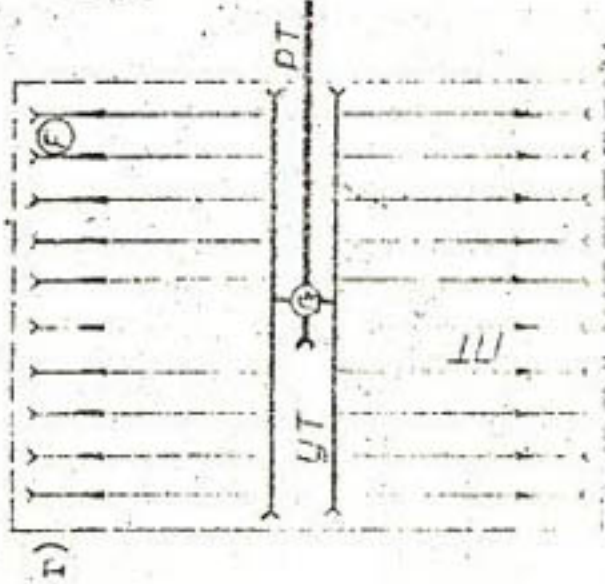
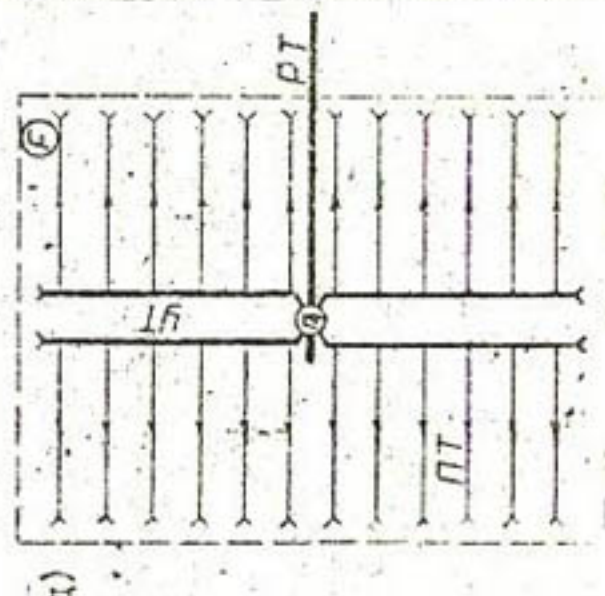
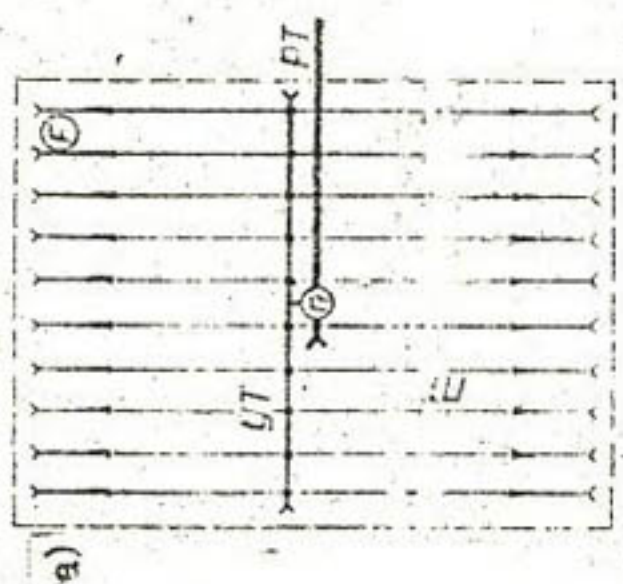
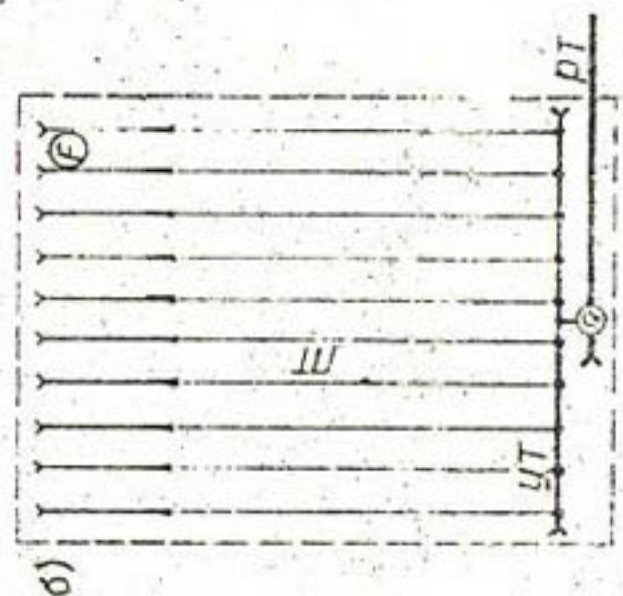
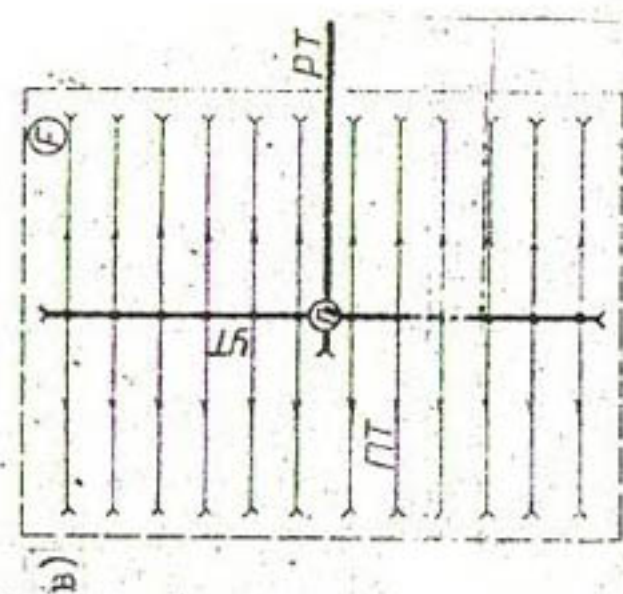


Рис. 1. Схемы модульных участков капельного орошения на пропашных культурах:  
 а) с двусторонним командованием и продольным расположением участка трубопровода;  
 б) с односторонним командованием и продольным расположением участка трубопровода;  
 в) с двусторонним командованием и поперечным расположением участка трубопровода;  
 г) с односторонним командованием и продольным расположением участка трубопровода;  
 д) с односторонним командованием и поперечным расположением участка трубопровода

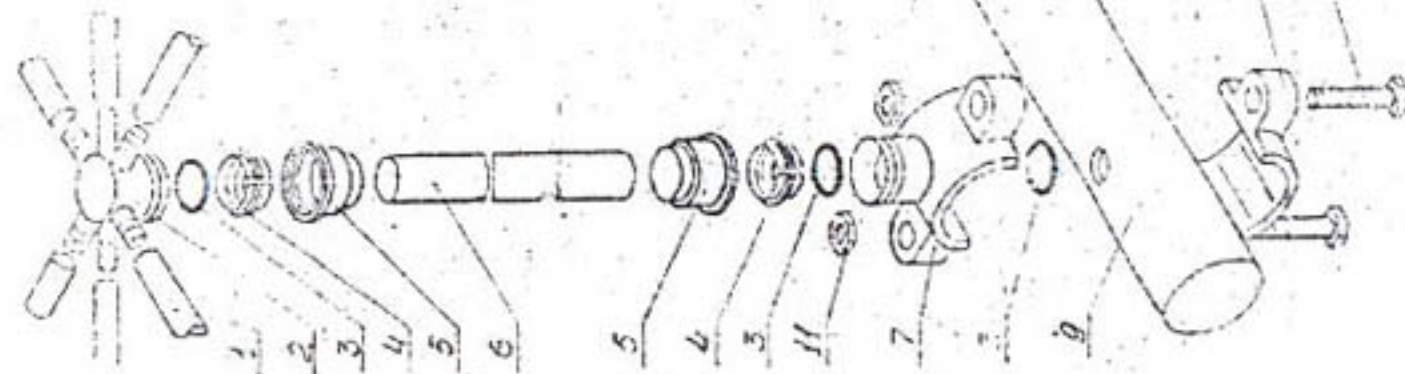


Рис. 2. Стояк-водопыпуск

- I - трубы полиэтиленовые с капельницами;  
 2 - коннектор трех-, шестивыходной;  
 3 - кольцо резиновое;  
 4 - цапга-зуб;  
 5 - гайка конусная;  
 6 - труба полиэтиленовая; 25мм;  
 7 - седло верхнее;  
 8 - седло нижнее;  
 9 - участокный трубопровод 63мм;  
 10 - болт М 8\*50 ГОСТ 7798-70;  
 11 - гайка М 8 ГОСТ 5915-70

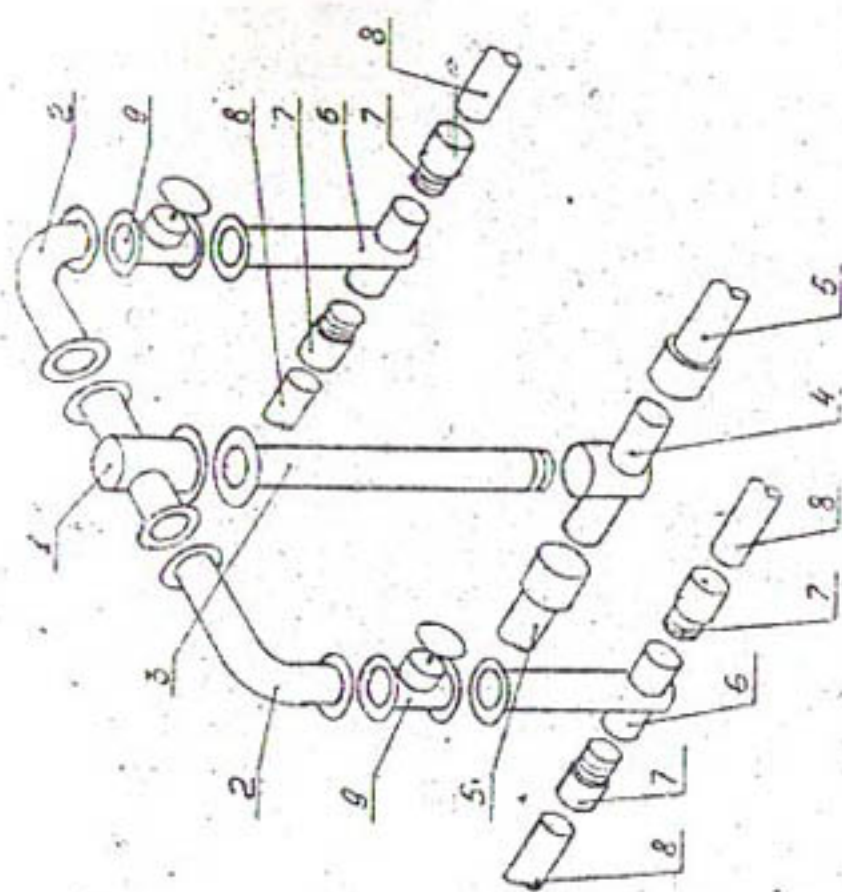


Рис. 3. Гидрант:

- I - тройник; 2 - отвод; 3 - стояк; 4 - тройник;  
 5 - распределительный трубопровод (ПХ); 6 - тройник;  
 7 - аналтор; 8 - участокный трубопровод; (ПЭ);  
 9 - задвижка (вентиль)

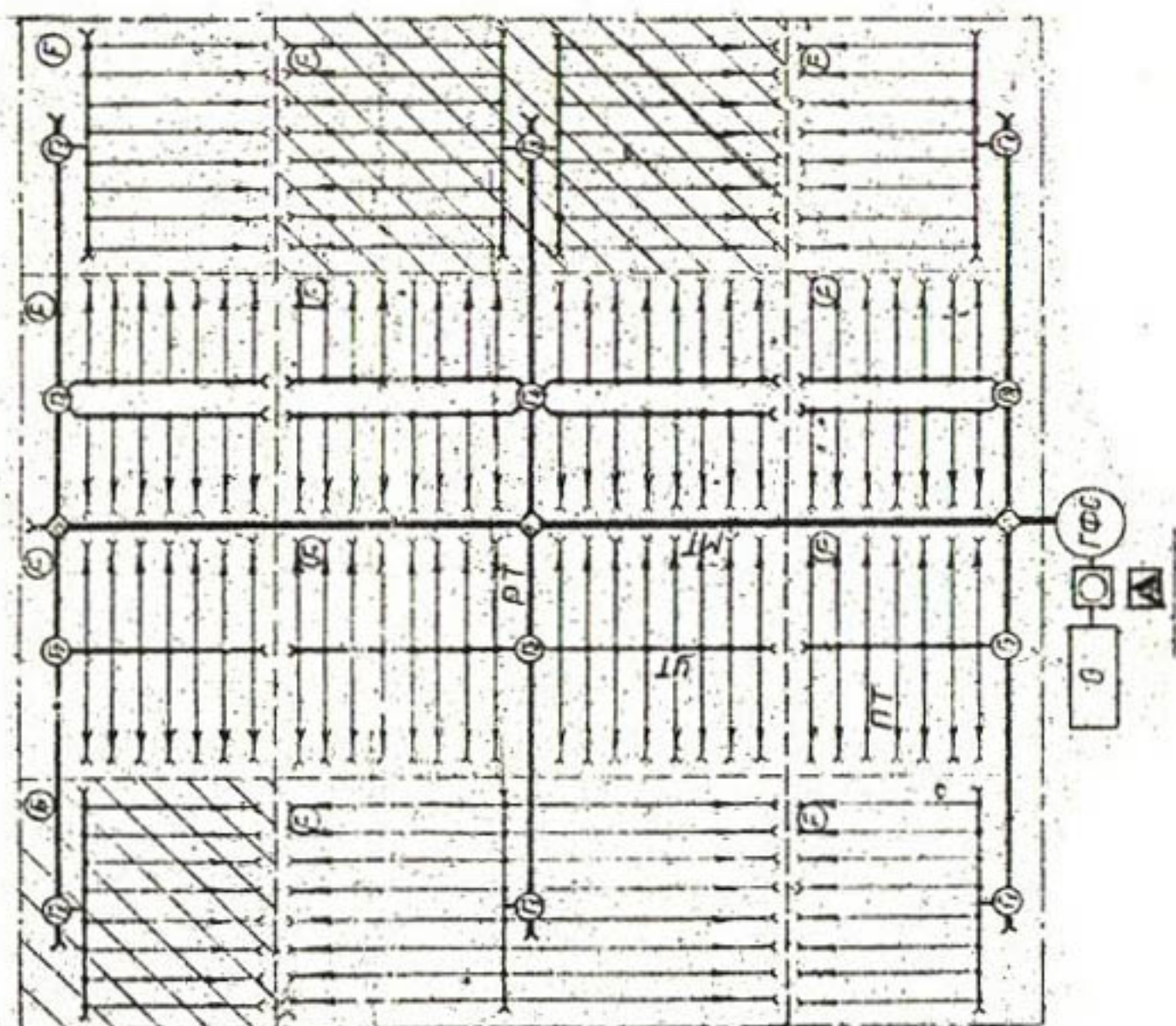


Рис. 4. Вариант компоновки системы капельного орошения (насосная станция с ГЭС расположена за пределами поля).

- МТ - магистральный трубопровод
- РТ - распределительный трубопровод
- УТ - участок трубопровод
- ПТ - поливной трубопровод
- ГЭС - головная фильтрационная система
- Насосная станция
- Отстойник
- Трансформаторная подстанция
- Распределительный узел
- Гидрант
- Стойка-водовыпуск
- Заглушка
- Направление полива
- Линия электропередач
- Граница модуля
- Граница поля
- Площадь модульного участка
- Модульный участок

латура, количество деталей и труб. На основе рассчитанного модуля проектируется оросительная система всего участка, выполняется расчет распределительных и магистральных трубопроводов и головной фильтрационной системы (рис. 4).

УДК 626.844

Р.Г.Любар, к.т.н.  
В.Р.Сосковский  
М.Х.Мухутдинов  
(СП "САНИЩАСТ")

### ГОЛОВНАЯ ФИЛЬТРАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УЧАСТКА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Качественная очистка и подготовка оросительной воды для систем капельного орошения – одно из главных условий надежной работы оросительной сети. Механическая очистка воды предусматривает удаление органических (водоросли, семена сорной растительности и т.д.) и неорганических (частицы грунта) веществ определенной крупности с помощью различного вида фильтрующих устройств.

Следует отметить, что стоимость очистки и подготовки оросительной воды может составлять до 30% стоимости всей оросительной системы, высоки соответственно и трудозатраты на создание системы очистки.

Исходя из этого, эффективная очистка системы должна отвечать следующим требованиям.

1. Удерживать органические и неорганические вещества в требуемых предельных размерах.

2. Иметь возможность регенерации фильтрующего элемента в автоматическом режиме, независимо от степени загрязнения воды.

3. Состоять из стандартных унифицированных деталей и изделий, позволяющих собирать очистные системы производительностью до 500–800 м<sup>3</sup>/ч с минимальными затратами труда.

4. Включать в себя систему подачи в оросительные трубопроводы минеральных удобрений и гербицидов.

Этим требованиям отвечает разработанная нами головная фильтрационная система (ГФС).

Комплект оборудования включает (рисунок): емкостный песчаный фильтр  $\alpha$  600, 1000 мм с системой промывки; гидроциклон; сетчатый фильтр; трубопроводы и соединительные патрубки; систему внесения удобрений; контрольно-измерительную и регулирующую аппаратуру.

Основной элемент ГФС - песчаный фильтр, предназначенный для очистки воды от органических веществ, мелкого песка и ила.

Фильтрующий элемент - однородный песок твердых пород, размер частиц которого обеспечивает заданную степень очистки воды. Фильтр оборудован двумя клапанами для промывки, с помощью которых обратным потоком очищенной воды осуществляется промывка песка и сетчатых фильтров.

Полностью система промывки фильтров включает набор клапанов, управляющее устройство для промывки (программатор промывки), соединительные трубы и фитинги. Возможно управление вручную.

Два типоразмера фильтров, производительностью 8-16 и 20-40 м<sup>3</sup>/ч, позволяют с помощью набора патрубков и соединительных деталей собирать отдельные фильтры в "батареи" с проектными расходными характеристиками.

Сетчатый фильтр устанавливается как защитный - после каждого песчаного фильтра для предотвращения проникновения песчаных частиц из фильтрующего элемента в оросительные системы.

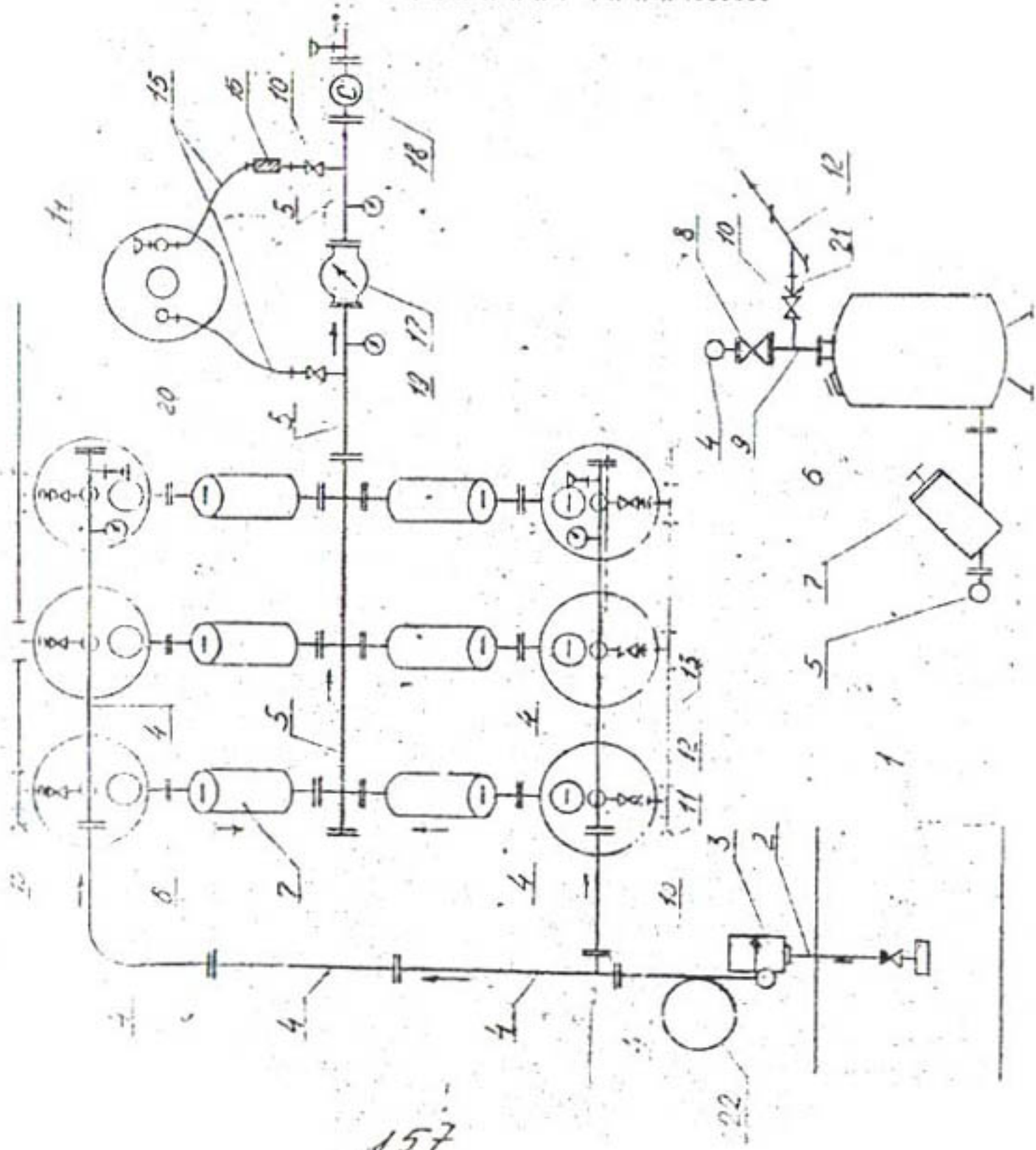
Гидроциклон - фильтр для очистки воды от гравия и крупного песка, устанавливается до "батарей" песчаных фильтров.

Система внесения удобрений, включающая гидроподкормщик для растворения удобрений, клапаны, регулирующие подачу удобрений в трубопроводы и соединительные трубы, располагается на трубопроводе с очищенной водой.

Регулирование и контроль проектных параметров фильтрационной системы осуществляется посредством регуляторов давления, клапанов и задвижек, водомера, манометров.

Принципиальная схема головной фильтральной системы:

- 1 - источник воды
- 2 - всасывающая линия насосного агрегата с обратным клапаном и сорозащитной сеткой
- 3 - насосный агрегат
- 4 - трубопровод неочищенной воды
- 5 - трубопровод чистой воды
- 6 - песчаный фильтр
- 7 - сетчатый фильтр
- 8 - заливка
- 9 - тройник металлический
- 10 - вентиль
- 11 - заглушка п/з
- 12 - тройник п/з
- 13 - дренажный трубопровод
- 14 - гидронормировщик
- 15 - трубопровод подачи раствора удобрений и воды
- 16 - микрофильтр
- 17 - регулятор давления
- 18 - счетчик-водомер
- 19 - манометр
- 20 - вантуз
- 21 - адаптор
- 22 - гидростиклон



Технические и технологические параметры каждого элемента ГЭС приводятся в каталоге "Система для очистки воды".

Все изделия и детали имеют высокую заводскую готовность и собираются на строящемся объекте в течение одного-двух рабочих дней. Технология монтажа приводится в "Инструкции по строительству СКО".

Таким образом, из отдельных унифицированных изделий и деталей, с учетом их гидравлических и технологических характеристик, выполняется проектирование, заводское изготовление и монтаж ГЭС для систем капельного орошения любой площади.

УДК 626.844

Т.У.Рузиев  
(САНИИРИ им.В.Д.Журина)

#### К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ В ЗААМИНСКОМ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ХОЗЯЙСТВЕ НПО "САНИИРИ"

Результаты исследований различных технологий полива в горно-предгорных зонах Республики Узбекистан для выращивания виноградников и плодовых культур показали преимущества использования методов капельного орошения и необходимость разработки принципов эксплуатации систем капельного орошения.

Проектирование и эксплуатацию СКО необходимо проводить с учетом топографии и почвенно-климатического состояния орошаемого участка, а также технологии возделывания сельскохозяйственной культуры.

Значительный опыт эксплуатации СКО в Зааминском опытно-производственном хозяйстве (ЗОПХ) позволил на основе полезных наблюдений определить наиболее приемлемые для адырных земель Джизакской области конструкции СКО и режимы их эксплуатации.

Конструкция СКО зависит прежде всего от рельефа участка. Для адырных земель не разработано достаточно универсальных алгоритмов определения конструктивных параметров СКО. В большинстве случаев при проектировании систем капельного ороше-

ния для данных участков используются индивидуальные проекты, к недостатку которых следует отнести значительные затраты времени и материальных ресурсов на подготовку исходных данных. Кроме того, параметры СКО, выбранные при проектировании, не всегда являются наиболее оптимальными, так как проект в большинстве случаев составляется по упрощенным расчетным формулам со значительными гипотетическими допущениями. В связи с этим желательно, чтобы на стадии проектирования проводилось имитационное моделирование на ЭВМ всех возможных для данного участка вариантов конструктивных схем СКО с учетом режима эксплуатации, технологии возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры и прогнозирования ожидаемого урожая. Это вполне реальная и осуществимая задача, так как конструктивные элементы СКО стандартизованы, т.е. существуют конкретные значения диаметров используемых трубопроводов; известны расходные характеристики капельниц, энергетические и напорные характеристики насосов; существует большой объем информации по режимам орошения различных сельскохозяйственных культур; составлено почвенно-климатическое районирование большинства регионов страны. Всё это позволяет определить наиболее приемлемую для исследуемого участка конструкцию СКО, составить ориентировочную смету расходов на проектирование и эксплуатацию и обосновать экономическую эффективность её внедрения.

Эффективность эксплуатации системы капельного орошения определяется максимальной согласованностью режима функционирования с режимом орошения. Максимальное значение данного критерия зависит от степени надежности СКО. Опыт эксплуатации СКО в ЗОПХ показывает, что основные отказы приходятся на следующие элементы системы: капельницы; очистные фильтры; силовое оборудование насосной станции. Это отказы функционального характера, вероятность которых можно прогнозировать на основе статистических расчетов. Но на практике значительная доля отказов приходится на нарушения режима работы СКО вследствие низкой квалификации обслуживающего персонала и безответственного отношения к объекту, приводящего к расхищению и порче узлов СКО. Для решения данного вопроса предлагается:

при строительстве систем капельного орошения привлекать к совместным работам представителей местного населения с целью подготовки их к дальнейшей самостоятельной эксплуатации СКО;

организовать краткосрочные курсы по подготовке обслуживающего персонала СКО;

проводить консультации по сезонным работам;

сдавать участки в аренду местному населению на взаимовыгодной основе.

С целью сокращения отказов функционального характера рекомендуется:

вместо многочисленных фильтров на распределительных трубопроводах установить один общий фильтр в голове магистрального трубопровода;

разработать четкий график ремонта и профилактики оборудования и арматуры;

внедрить элементарную систему автоматизированного контроля и регулирования основных управляющих параметров;

проводить исследования по разработке необходимых инструментов и технологий для оперативного ремонта СКО.

За время эксплуатации СКО в ЗОПХ определены виды возможных отказов в системе, их причины и методы устранения:

отсутствие воды в поливном трубопроводе, расположенном в нижнем участке. Вероятная причина отказа – прорыв в поливном трубопроводе или нарушение соединения поливного трубопровода с участковым из-за поломки штуцера. Необходимо перекрыть воду при помощи задвижки перед фильтром, вскрыть место присоединения трубопроводов и исправить соединение;

отсутствие воды в поливном трубопроводе, расположенном в верхнем участке. Причина – недостаточное давление в распределительном трубопроводе. Необходимо проверить герметичность системы;

расход капельницы не соответствует установленному. Вероятная причина – засорение капельницы или её поломка. Необходимо нажатием на подвижный элемент капельницы сделать промывку. Если эта процедура не помогает, отвинтить крышку капельницы и, отделив подвижный элемент, прочистить водоприёмный канал капельницы проволокой  $\varnothing$  1 мм. При механическом повреждении необходи-

мо провести замену капельницы;

для очистки воды между насосными станциями первого и второго подъема были установлены фильтры. При внезапном отключении насоса второго подъема наблюдалось нарушение герметичности крышек фильтров, поэтому следует признать более рациональным установку фильтра в голове магистрального трубопровода;

из-за неудачного конструктивного решения вопроса закрепления резиновой прокладки и направляющего штока насосного агрегата наблюдалось неисправная работа обратного клапана и, как следствие, пропуск воды при заливке всасывающего трубопровода, что затрудняет пуск насосного агрегата;

насосы в ЗОПХ, соединенные последовательно, работали удовлетворительно, обеспечивая необходимый напор и подачу воды в систему. Вода на участках ЗОПХ подается по схеме "насосная станция - закрытая сеть СКО" без какой-либо промежуточной емкости. Из-за этого все изменения, происходящие в сети (перекрытие задвижек, переключение карт полива) вызывают изменение давления в трубопроводах, которое приводит к перегрузке насосного агрегата. Для предохранения электродвигателя от перегревов между насосом и двигателем установлена муфта с резиновыми пальцами, которые быстро изнашиваются (около 10 раз за сезон). Конструкция муфт сцепления с электродвигателем такова, что при замене резиновых вкладышей необходимо сдвигать электродвигатель, что приводит к появлению эксцентриситета осей валов насоса и электродвигателя. Устранение эксцентриситета требует значительных затрат времени.

Необходимо отметить, что из-за некачественного уровня сварки трубопроводов, монтажа системы не по проектным отметкам также происходят нарушения в системе, разрыв трубопроводов при вспашке. При ремонте возникают трудности из-за отсутствия специальных удобных инструментов для работы с пластмассой (отвертки для сварки пластмассовых труб и сверления отверстий в трубах, приспособления для изгиба труб, минигорелки для оперативной сварки труб и т.п.).

Рекомендуется не менее двух раз за сезон разбирать фильтр насосной станции для его очистки и промывки. Головные фильтры промываются один раз в месяц. Весной, за месяц до начала веге-

тационного периода, запорно-регулирующая арматура должна быть испытана на работоспособность кратковременным пуском воды в систему. В течение вегетационного периода в среднем производится замена 5-7% капельниц. Это необходимо учитывать при подготовке запасных частей. На зимний период трубопроводы должны быть опорожнены. При этом важно удалить воду из участков, примыкающих к задвижке.

Опыт эксплуатации системы капельного орошения в ЗОПХ выявил много сложных вопросов как технического, так и снабженческого характера, для решения которых в производственных условиях необходима организация специальной службы по эксплуатации СКО.

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| I. Духовный В.А. Капельное орошение – перспективы и препятствия                                                                                                                          | 3  |
| 2. Хорст М.Г., Икрамов Р.К. Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применимости капельного орошения                                                             | 13 |
| 3. Нерозин С.А. Капельное орошение хлопчатника в условиях Кашкадарьинской области Республики Узбекистан                                                                                  | 25 |
| 4. Нерозин С.А., Камбаров Б.Ф., Нуржанов С. Капельное орошение в условиях Самаркандской области Республики Узбекистан                                                                    | 34 |
| 5. Мухамеджанов Ш.Ш., Усманов А.У. Применение системы капельного орошения для выращивания хлопчатника в условиях маломощных почв                                                         | 41 |
| 6. Камиллов Б.С., Безбородов Г.А. Влияние обработки почвы при капельном орошении хлопчатника на ее водно-физические и микробиологические свойства                                        | 48 |
| 7. Безбородов Г.А., Камиллов Б.С. Водный и питательный режим почвы при капельном орошении хлопчатника                                                                                    | 60 |
| 8. Безбородов Г.А., Камиллов Б.С., Эсанбеков Ю. Электромагнитная обработка почвы при капельном орошении хлопчатника                                                                      | 68 |
| 9. Урунов И.С., Хасанов Т.К., Мухамедов Л.Р., Юлдашев А.Ю. Результаты исследований по изучению влияния капельного орошения на вредные насекомые, болезни и сорняки в посевах хлопчатника | 74 |
| 10. Закс И.А., Савицкий А.Г., Стулина Г.В. Моделирование водно-солевого режима почв при капельном орошении                                                                               | 81 |
| 11. Хорст М.Г. К сравнительной оценке затрат на альтернативные капельному орошению способы полива                                                                                        | 93 |
| 12. Стулина Г.В. Воднофизические свойства почв при прогрессивных способах полива                                                                                                         | 99 |

13. Малаев Б.Г., Палванов Т.И. Надежность систем капельного орошения (Вопросы методологии) I06
14. Малаев Б.Г., Палванов Т.И. Оптимизация параметров оросительной сети капельного орошения I24
15. Чолпанкулов Э.Д. Экспериментальные работы по определению суммарного испарения с опытных участков, орошаемых капельным и бороздковым способом полива I41
16. Любар Р.Г., Малаев Э.Б. Типовые схемы СКО на пропашных культурах I50
17. Любар Р.Г., Сосновский В.Р., Мухутдянов М.Х. Головная фильтрационная система для участка капельного орошения I55
18. Рузиев Т.У. К вопросу об эксплуатации системы капельного орошения в Зааминском опытно-производственном хозяйстве НПО "САНИРИ" I58