

УДК 502/504:631.6

Ю. Г. БЕЗБОРОДОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Г. А. БЕЗБОРОДОВ, М. Ю. ЭСАНБЕКОВ

Узбекский НИИ хлопководства

ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

В странах СНГ Центрально-азиатского региона основным способом орошения сельскохозяйственных культур является поверхностный полив по бороздам. Водосберегающая технология при таком способе полива основана на применении разработанной системы орошения, включающей нормированную подачу воды по показаниям тензиометров, мульчирование почвы в междурядьях, снижающее непродуктивное физическое испарение влаги, и комплект переносных полиэтиленовых трубопроводов.

Поверхностный полив, тензиометр, испарение, водный баланс, оросительная норма, мульчирование, хлопчатник.

In the Central Asian CIS countries the main method of crops irrigation is a surface irrigation on furrows. The water saving technology at such way of watering is based on the use of the developed system of irrigation including a normalized water supply to the field according to the indications of tensiometers, soil mulching in the space between rows reducing the unproductive physical evaporation of moisture and a set of portable polyethylene pipelines.

Surface irrigation, tensiometer, evaporation, water balance, irrigating norm, mulching, cotton.

Одно из решений задачи водосбережения состоит в применении комплекса мероприятий, предусматривающих проведение нормированного орошения, мульчирование ложа борозд, использование передвижного комплекта гибких полиэтиленовых трубопроводов взамен выводных борозд.

В настоящее время в производстве применяются только визуальные методы, не всегда совпадающие с потребностью растений. В многочисленных хлопкосеющих фермерских хозяйствах поливы часто проводят по произвольному графику, привязанному к водообороту. При такой системе планирования, скорее всего при бессистемной, и при отсутствии водоучитывающих приборов, с помощью которых возможно было бы соблюдать размеры поливных норм, невозможно соблюдать научно обоснованные режимы орошения.

В 2009 году, согласно распоряжению Правительства Республики Узбекистан, во всех административных областях на хлопковых полях были установлены водяные тензиометры марки «Irrometer» (длина трубки 50, 70 и 100 см). Тензиометры устанавливали в зависимости от размера орошаемого контура: на землях

старого и древнего орошения с размером контуров 5...10 га устанавливался один куст тензиометров, на землях нового орошения с большими по размеру полями – два-три куста (в каждом кусте было по два тензиометра – длина трубок 30 и 70 см).

Вести наблюдения за показаниями тензиометров и прогнозировать сроки поливов было поручено районным подразделениям Министерства сельского и водного хозяйства Узбекистана. Сотрудники САНИИРИ и УзНИИХ проводили мастерклассы, с тем чтобы тензиометры, в дальнейшем переданные фермерам безвозмездно, использовались по назначению.

В результате двухлетней производственной проверки работы тензиометров разного калибра признана необходимость использования в производстве только тензиометров длиной 50 см. По инициативе и техническому заданию УзНИИХ сотрудниками Института материаловедения Академии наук Узбекистана создан водяной тензиометр марки ТП-1 (тензиометр почвенный первой модификации), изготовленный из местных материалов. Он отличается от американского аналога более высокой надежностью при работе в условиях жаркого вегетационного периода и

большим сроком службы [1]. В настоящее время в водном хозяйстве Узбекистана намечается создание системы управления поливами в фермерских хозяйствах, объединенных в Ассоциацию водопользователей. Тензиометры становятся востребованными, и поэтому изготовленную партию намечено передать водопользователям и эксплуатационным водохозяйственным органам.

Методика исследований. Для тарировки тензиометра в 2012 году был выбран опытный участок хлопкового поля в экспериментальном хозяйстве УзНИИХ, расположенном в Кибрайском районе Ташкентской области. Почва опытного участка – тяжелосуглинистый типичный серозем. Для планирования орошения определены необходимые водно-физические свойства почвы: наименьшая (полевая) влагоемкость – 20,9; 20,6 и 20,3 %; плотность – 1,38; 1,39 и 1,40 г/см³ соответственно по слоям почвы 0...50, 0...70 и 0...100 см.

На поле были установлены три тензиометра на глубину 50 см и рядом с ними устроены скважины с обсадными трубами глубиной 120 см для измерения влажности почвы нейтронным влагомером марки «DR 503 Hydroprobe».

Методика измерения испарения основана на использовании «малых» испарителей объемом 1154 см³ (диаметр 7 см, высота – 30 см). Согласно методике, испаритель устанавливали в середине хлопкового поля, в ложе и на гребне борозд. Малый испаритель в виде металлического цилиндра вбивали в почву, откапывали вместе с почвой ненарушенной структуры, взвешивали на электронных переносных весах и вставляли в почву. Спустя пять суток испаритель вместе с почвой вынимали из скважины, взвешивали и перезагружали. По разнице масс испарителя и почвы определяли массу влаги, испарившуюся с поверхности почвы испарителя. Затем делали пересчет полученного результата на площадь 1 га.

Второй опыт проводили на ОПУ УзНИИХ в Ташкентской области с целью изучения возможности снижения физического испарения влаги и его влияния на структуру водного баланса хлопкового поля. Опыт состоял из трех вариантов в трехкратной повторности. Схема проведения следующая: 1 – полив по стандартным бороздам (контроль); 2 – полив по мульчированным соломой бороздам; 3 – полив по бороздам, мульчированным темной перфорированной полиэтиленовой пленкой.

Размер делянки каждого варианта включал 8 рядков длиной 50 м, шириной 0,6 м. Уклон местности 0,01. На участке с междурядьями 60 см возделывали средне-волокнистый сорт хлопчатника «навруз». Поливы проводили при влажности почвы 70...70...60 % НВ с увлажнением слоя почвы контрольного варианта 70...100...70 см, опытных вариантов – 50...50...50 см.

Размер поливных норм рассчитывали по дефициту влаги расчетного слоя почвы.

Результаты исследований. В течение вегетационного периода регулярно проводили послойное измерение влажности почвы и одновременно снимали показания тензиометров. На рис. 1 показаны три концентрических прямоугольных блока, соответствующие слоям почвы 0...50, 0...70 и 0...100 см. Такая градация избрана исходя из требований методики расчета поливных норм для открытой почвы: слой 0...100 см – для периода цветения – плодообразования хлопчатника; слой 0...70 см – для периодов бутонизации и созревания. Для мульчированной почвы во все фазы развития хлопчатника расчетный слой почвы приняли равным 0...50 см. Между всасывающим давлением P_s и влажностью почвы W в рабочем диапазоне давления 22...65 сб и влажности почвы 12,5...18 % выявлена прямая зависимость, аппроксимируемая дисперсионным уравнением прямой линии для данного поля с присущими ему водно-физическими свойствами почвы:

$$P_s = -6,64W + 146,4; R^2 = 0,95. \quad (1)$$

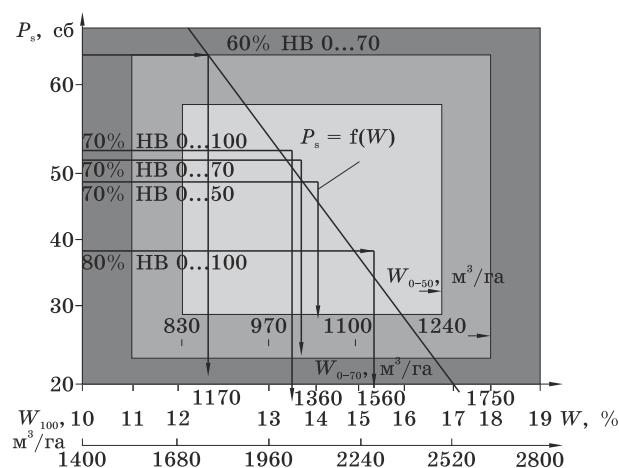


Рис. 1. График зависимости всасывающего давления P_s от влажности почвы W расчетного слоя 50, 70, 100 см

На графике приведены показатели влажности и всасывающего давления, соответствующие срокам полива (рамки диапазона влажности 70...70...60 % НВ для слоев почвы 50, 70 и 100 см). На нем также показаны значения влагозапасов в разных слоях почвы, по которым можно определить размер поливных норм. Для засоленных почв, как известно, необходимо поддерживать высокую влажность почвы – на уровне не менее 80 % НВ, и на графике для этого случая приведены показания тензиометра, влажности и влагозапасов почвы.

По данным графика определены поливные нормы нетто хлопчатника, соответствующие расчетной глубине промачивания почвы 50, 70 и 100 см, – 430, 600 и 850 м³/га. По этим данным получено уравнение, выраженное прямой линией –

$$m = 8,4h + 11, \quad (2)$$

где m – поливная норма нетто, м³/га; h – расчетный слой почвы, см.

Удобство пользования тензиометрами состоит не только в установлении времени полива, но и времени его окончания. Так, при увлажнении почвы на глубину 1 м водоподачу в борозды поливного участка необходимо прекращать при показаниях тензиометра 5...7 сб.

При увлажнении слоя почвы 0...70 см поливы необходимо заканчивать

при показаниях тензиометра 28...30 сб, при слое почвы 0...50 см – 35...37 сб. В расчетах поливных норм удобно пользоваться удельным показателем, равным частному от деления поливной нормы 600 м³/га на 50 сб. т. е. 12 м³/га/1 сб.

Снижению потерь воды при поливах способствует использование совершенных технологий полива – переменной струей, дискретного полива, через междурядье и др. Эти технологии повышают качество полива, но не снижают непродуктивного испарения влаги с поверхности почвы в течение вегетационного периода хлопчатника, несмотря на то что после полива проводятся междурядные обработки с целью сохранения влаги в почве.

Реальным и достаточно широко апробированным агротехническим приемом, направленным на сохранение влаги в почве после поливов и на более продуктивное использование оросительной воды, является мульчирование почвы различными мульчирующими материалами [2, 3]. С целью изучения возможности снижения физического испарения влаги и его влияния на структуру водного баланса проведен полевой опыт, состоящий из трех вариантов в трехкратной повторности (ОПУ УзНИИХ, Ташкентская область). В табл. 1 приведены элементы режима орошения и данные урожая хлопка-сырца.

Таблица 1

Оросительная норма и урожай хлопка-сырца

Вариант	Схема полива	Оросительная норма, м ³ /га	Экономия оросительной воды		Средняя урожайность, ц/га	Прибавка урожая хлопка-сырца	
			м ³ /га	%		ц/га	%
1	2-3-1	3660	–	–	28,9	–	–
2	3-3-1	2455	1205	32,9	35,7	6,8	23,5
3	3-3-2	2710	950	25,9	38,1	9,2	31,8

Как видно, максимальный размер оросительной нормы в первом варианте составил 3660 м³/га, минимальный размер во втором варианте с мульчированием соломой – 2455 м³/га, в третьем варианте с пленочной мульчей – 2710 м³/га. Экономия воды соответственно составила 1205, 950 м³/га, или 32,9 и 25,9 %.

В вариантах, отличающихся технологией полива, при одинаковом плодородии почвы получена различная урожайность хлопка-сырца. В контрольном варианте средняя урожайность хлопка-сырца составила 28,9 ц/га, во втором варианте, где поливы проводились по мульчирован-

ным соломой бороздам, этот показатель составил 35,7 ц/га, в третьем варианте с мульчированием почвы пленкой – 38,1 ц/га. Прибавка урожая хлопка-сырца относительно контрольного варианта составила 6,8 и 9,2 ц/га соответственно.

Особое внимание привлекает отсутствие традиционных для хлопководства энергозатратных междурядных обработок, целью которых является создание благоприятного воздушного режима почвы.

Таким образом, проведенные опыты по изучению эффективности мульчирования почвы показали перспективность этого приема. Основой его мелиоративного

эффекта служит сокращение эвапотранспирации хлопчатника, обусловленное существенным снижением физического испарения влаги. В Узбекистане все хлопкосеющие хозяйства выращивают две главные орошаемые культуры – хлопчатник и озимую зерноколосовую, благодаря этому у фермеров имеется возможность вносить солому в растущий хлопчатник в начале его развития в объеме 1,5...2 т/га.

После уборки урожая хлопка-сырца солома запахивается, благодаря чему поддерживается плодородие почвы и улучшаются водно-физические свойства почвы.

В период бутонизации хлопчатника на делянках второго и третьего вариантов проведено мульчирование почвы 21 июня 2012 года. Результаты измерений испарения влаги в течение вегетационного периода приведены в табл. 2.

Таблица 2

Динамика физического испарения влаги с поверхности почвы малого испарителя за вегетационный период хлопчатника, г

Вариант	18–22,04	23–27,04	28,04–2,05	2–6,05	6–11,05	11–16,05
1	50,8	49,6	48,9	48,5	53,2	40,5
2	50,3	51,0	48,7	46,6	50,1	45,8
3	49,8	49,8	48,8	44,5	47,3	50,3
Вариант	16–20,05	22–26,05	26,05–1,06	1–6,06	6–10,06	11–15,06
1	47,6	52,1	57,4	50,9	59,7	70,9
2	39,2	51,9	55,9	54,7	57,5	63,4
3	49,0	50,7	59,3	57,4	61,9	56,1
Вариант	16–21,06	22–26,06	26–30,06	1-5.07	6-10.07	11–15,07
1	69,8	63,4	74,0	70,7	73,5	66,7
2	60,2	52,3	68,3	62,9	58,2	51,7
3	47,9	48,6	61,6	52,5	49,4	48,4
Вариант	16–20,07	21–25,07	25–29,07	30,07–4,08	5–9,08	10–14,08
1	59,9	68,4	69,3	68,9	62,8	56,8
2	48,8	60,6	57,4	53,4	49,1	48,4
3	46,5	48,7	49,9	46,6	45,9	42,4
Вариант	15–19,08	20–24,08	25–29,08	30,08–3,09	4–8,09	Всего
1	50,7	50,1	53,7	50,9	48,9	1688,1
2	41,7	43,7	40,4	38,4	33,0	1483,6
3	39,4	39,5	36,2	34,0	27,2	1389,6
Вариант	Среднее значение за сутки					
1	11,6					
2	10,2					
3	9,6					

По данным таблицы построены графики испарения влаги (рис. 2). Как видно, при мульчировании почвы среднесуточное испарение влаги снижается: в варианте с соломенной мульчей – на 12,1 %; с мульчированием полиэтиленовой пленкой – на 17,2 %.

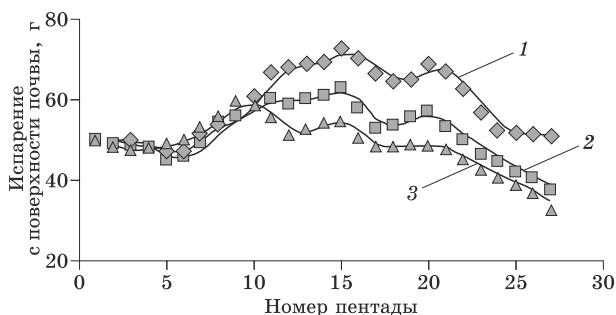


Рис. 2. Динамика физического испарения хлопкового поля: 1 – испарение с поверхности открытой почвы; 2 – испарение с поверхности почвы, мульчированной соломой; 3 – испарение с поверхности почвы, мульчированной пленкой

По табличным данным проведен пересчет испарения влаги с поверхности малого испарителя в расчете на 1 га площади, в результате оно составило 4200 м³/га в первом, 3560 м³/га во втором, 1740 м³/га в третьем варианте.

В таблице 3 приведена структура водного баланса хлопкового поля по вариантам опыта. В приходные статьи баланса включены оросительная норма, использованные хлопчатником влагозапасы почвы и осадки. В расходной части баланса представлены испарение и транспирация, причем транспирация (Т) определена по разности между суммарным водопотреблением (ЕТ) и испарением (Е).

Если в варианте с открытой почвой испарение и транспирация в суммарном водопотреблении хлопчатника составляют 70 и 30 %, то в варианте с мульчированием 50 % поверхности почвы хлопкового поля – 36 и 64 %. Такое соотношение

составляющих суммарного водопотребления обусловило формирование листовой поверхности почвы: 3 июля 2012 она составила 535, 778, 744 см²/куст; 3 августа 2012 – 2700, 2906, 3739 см²/куст соответ-

ственно вариантам опыта. В этом проявляется определенная закономерность – чем больше доля транспирации, тем больше площадь листовой поверхности и выше урожай хлопка-сырца.

Таблица 3

Структура водного баланса хлопкового поля, м³/га

Вариант	Оросительная норма	Влагозапасы почвы	Осадки	Суммарное водопотребление (ЕТ)	Испарение (Е)	Транспирация (Т)	$\frac{Е}{ЕТ}$	$\frac{Т}{ЕТ}$	Урожай хлопка-сырца, т/га
1	3660	1179	1169	6008	4200	1808	0,70	0,3	28,9
2	2455	1050	1169	4674	3560	1114	0,76	0,24	35,7
3	2710	974	1169	4853	1740	3113	0,36	0,64	38,1

По данным таблицы 3 выявлена зависимость урожая хлопка-сырца Y от испарения, которая описывается дисперсионным уравнением:

$$Y = -0,35E + 46; R^2 = 0,96. \quad (3)$$

Таким образом, при мульчировании почвы снижаются следующие показатели: непродуктивное испарение влаги с поверхности хлопкового поля – до 2500 м³/га; оросительная норма – до 1200 м³/га; суммарное водопотребление хлопчатника – до 1330 м³/га. Урожайность хлопка-сырца по сравнению с контролем возрастает до 9,2 ц/га.

При поливе хлопчатника по бороздам на полях устраивается сеть каналов – стационарных и временных. К стационарным каналам относятся участковые распределители, к временным – временные оросители

и выводные борозды. Чем короче длина борозд, тем более часто нарезаются выводные борозды, тем протяженнее их общая длина в границах поля. Исходя из этого, к поливной норме нетто, определенной по данному графику, необходимо прибавить потери воды, теряемой на глубинную фильтрацию, испарение и поверхностный сброс из борозд и внутриводоевой оросительной сети.

При поливе по коротким бороздам (длиной 50...100 м) потери воды, по данным исследований УзНИИХ, составляют 15...17 % [4]. Такие значения потерь воды существенно превосходят рекомендуемые разными публикациями. Поэтому их необходимо учитывать, согласно Строительным нормам и правилам 2.06.03–85 (приложение 3), приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Потери воды на испарение, инфильтрацию и поверхностный сброс при поливе по бороздам

Уклон	Степень водопроницаемости	Потери, %			
		Испарение	Инфильтрация	Сброс	Суммарные
0,05...0,02	Сильная	1,5	23,0	5,9	30,4
	Средняя	2,1	11,4	10,8	24,3
	Слабая	6,0	12,2	11,8	30,0
0,02...0,01	Сильная	1,6	15,5	14,7	31,8
	Средняя	2,7	6,5	19,6	28,8
	Слабая	4,0	6,2	22,9	33,1
0,01...0,005	Сильная	1,1	11,5	15,0	27,6
	Средняя	2,0	4,4	21,6	28,0
	Слабая	4,5	3,0	23,6	31,1
0,005...0,001	Сильная	0,7	15,8	9,4	25,9
	Средняя	1,7	11,0	10,5	23,2
	Слабая	5,9	8,8	12,4	27,1
Среднее значение		2,8	10,8	14,9	28,5

Как видно, суммарные потери воды зависят от водопроницаемости почвы и уклона местности и находятся в пределах 23,2...31,8 % и в среднем составляют 28,5 %.

Заключение

В Республике Узбекистан освоен выпуск тензиометров ТП-1, и их необхо-

димо использовать в фермерских хозяйствах. С помощью таких тензиометров можно определять сроки начала поливов, их окончания, чего нельзя оперативно предусмотреть и тем более определить другими приборами и методами.

Учитывая большие потери воды на

полях, необходимо проводить поливы по экономически обоснованной длине борозд, выводные борозды заменять гибкими полиэтиленовыми трубопроводами, проводить мульчирование борозд доступными местными материалами – растительными остатками и полиэтиленовой пленкой.

В Узбекистане на базе газовых месторождений создано производство по выработке полиэтиленовых гранул и на их основе налажен выпуск комплектов переносных гибких полиэтиленовых транспортирующих и поливных трубопроводов диаметром 200 мм с фасонными деталями – тройниками и крестовинами (также из полиэтилена), регулируемые водовыпусками, предназначенными для подачи воды из оросительных каналов в гибкие трубопроводы.

Все перечисленные элементы водосберегающей системы орошения в течение двух лет (2010, 2011) прошли производственные испытания во всех почвенно-климатических условиях Республики Узбекистан и показали следующее: оросительная норма снижается в среднем на 1475 м³/га (38,9 %); урожайность хлопчатника повышается на 0,6 т/га (18,8 %); количество междурядных тракторных обработок снижается на 4,6 (46,5 %).

1. Безбородов Г. А., Руми М. Х., Воронов Г. Н., Зуфаров М. А. Разработка и испытание тензиометров ТП-1 в полевых условиях // AGRO ILM. – 2011. – № 4. – С. 51–52.

2. Безбородов Г. А., Безбородов Ю. Г. Физическое испарение влаги с хлопкового поля: Получение высокого урожая в сельском хозяйстве, ресурсо- и водосберегающие технологии: материалы Международной конференции. – Ташкент: Узбекский НИИ хлопководства, 2010. – С. 41–47.

3. Безбородов Г. А., Безбородов Ю. Г., Шамсиев А. С., Эсанбеков М. Ю. Исследование эффективности мульчирования почвы хлопкового поля: Повышение плодородия почвы, роль внедрения ресурсосберегающей агротехнологии при возделывании хлопчатника и сопутствующих культур: материалы Международной конференции. – Ташкент: Узбекский НИИ хлопководства, 2012. – С. 267–271.

4. Безбородов Ю. Г., Безбородов Г. А., Эсанбеков М. Ю. Критерии качества бороздкового полива // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 94–100.

Материал поступил в редакцию 04.03.14.

Безбородов Юрий Германович, доктор технических наук, доцент кафедры «Мелиорация и геодезия»

Тел. 8 (499) 976-40-25

E-mail: geo@timacad.ru

Безбородов Герман Александрович, доктор технических наук, старший научный сотрудник отдела орошения и техники полива

Эсанбеков Мейржан Юсупбекович, аспирант

УДК 502/504:626.87:633.18

Ф. Ф. ВЫШПОЛЬСКИЙ, Р. К. БЕКБАЕВ, Н. Н. БАЛГАБАЕВ

Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ НА РИСОВЫХ СИСТЕМАХ

Проведен анализ сложившейся эколого-мелиоративной ситуации в нижнем течении Сырдарьи. Установлено, что в настоящее время идут процессы повсеместного накопления солей в почве и грунтовых водах. В таких условиях эффективность хозяйствования на рисовых оросительных системах зависит от их технического состояния, уровня эксплуатации, технологии орошения, работоспособности дренажных систем, наличия и качества оросительных вод, культуры земледелия.

Рисовая система, засоление, дренаж, технология.

The article describes the existing environmental and reclamation situation in the lower flow of the Syr Darya river. It is found that at present there are processes of extensive salt accumulation of salts in soil and ground water. Under such conditions the efficiency of management on rice irrigating systems depends on their technical condition, level of operation, technology of irrigation, operability of drainage systems, availability and quality of irrigating waters, culture of agriculture.

Rice system, salinity, drainage, technology.