

**Введение.** Первые опыты на склоновых землях Таджикистана, в частности по использованию капельного орошения, начались с середины 70-х годов прошлого столетия. Вопросами разработки технологии и конструкции капельного орошения в Таджикистане занимались авторы [1, 3–7, 9, 11] и многие другие ученые. Обычные напорные системы капельного орошения – дорогостоящие мероприятие, так как включают насосный агрегат, фильтр для очистки воды, системы дозировку и подачи удобрений для приусадебных участков, имеющие небольшие площади является. Для решения вопроса применения технологии капельного орошения для приусадебных участков с площадью от 2 до 5...8 соток бассейна реки Кызылсу-южная (Таджикистан) автором предложена полустационарная низконапорная система малообъемного капельного орошения с калиброванными отверстиями. Для компенсирования влияния температуры воздуха на линейное расширение полиэтилена и соответственно на расход микроводовыпусков они армировались алюминиевыми микротрубками, длина которых равнялся толщине поливного трубопровода. Также с использованием этой системы исследованы водопотребление и режимы орошения картофеля, который раньше не выращивался в условиях низкогорья бассейна реки Кызылсу-южная из-за дефицита водных ресурсов.

**Целью исследований** является определение эксплуатационных параметров предложенной низконапорной полустационарной малообъемной системы капельного орошения (НСКО) и установление режимов орошения и водопотребление картофеля в условиях бассейна реки Кызылсу-южная.

Решались следующие задачи:

1. Методика определения диаметра микроводовыпусков, поливных и распределительных трубопроводов.

2. Исследование равномерности распределения расхода микроводовыпусков армированными алюминиевыми микротрубками с отверстиями через 1 м в поливных трубопроводах, а также неармированными в зависимости от изменения напоров воды и температуры воздуха.

3. Определение эвапотранспирации и режимов капельного орошения картофеля в условиях бассейна Кызылсу-южная на высотах 600...800 м (холмистый агроландшафт).

**Материалы и методы исследования.** Полевые и лабораторные опыты по исследованию эксплуатационных параметров НСКО (напор воды изменялся от 0,5 до 2 м) и режима капельного орошения картофеля проводили на территории приусадебных участков в бассейне реки Кызылсу-южная. Почвы участка – среднесуглинистые по гранулометрическому составу, продольный уклон  $i = 0,003$ . С учетом проведенных опытов по капельному орошению овощных культур на среднесуглинистых почвах в Таджикистане расчетный расход микроводовыпуска принят  $q = 16$  л/ч.

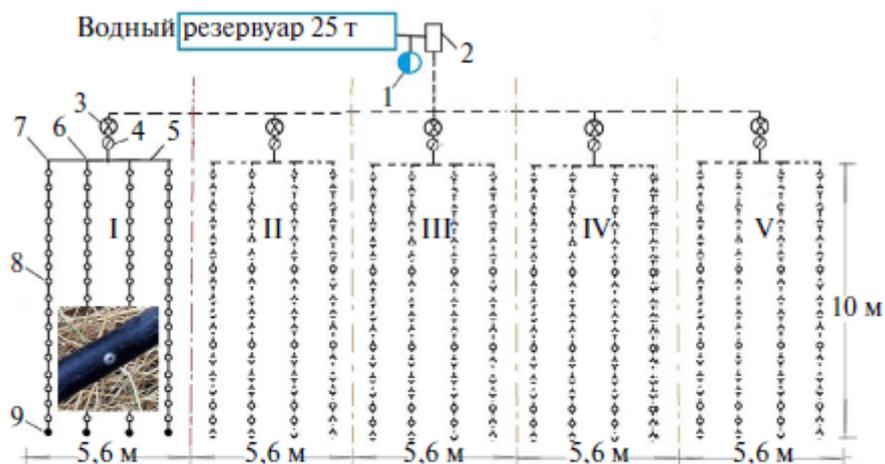
Объемная масса слоя 0...0,3 м составляет 1,22 т/м<sup>3</sup>, метрового слоя – 1,35 т/м<sup>3</sup>. Влажность почвы при НВ в слое 0...0,3 м – 23 % от веса сухой почвы, в метровом слое – 23,9 %. Учитывая, что основная масса корней картофеля располагается в пахотном слое (0...0,3 м), при расчете поливной нормы, глубину увлажнения почвы принимали 0,3 м, предполивную влажность почвы – 80 % от НВ. Влажность почвы измеряли тензиометрами. В этом случае поливная норма, м<sup>3</sup>/га,

$$m = 100\gamma h(\beta_{НВ} - 0,8\beta_{НВ}),$$

где  $\gamma$  – объемная масса пахотного слоя, т/м<sup>3</sup>;  $h$  – глубина пахотного слоя, м;  $\beta_{НВ}$  – запасы почвенной влаги при 100 % от НВ.

Предварительные расчеты показали, что при рассчитанной поливной норме 170 м<sup>3</sup>/га и среднем расходе микроводовыпуска 16 л/ч продолжительность одного полива составляет 45 мин.

Система НСКО состоит из распределительного трубопровода, вентиля, емкости объемом 200 л, четырех линий поливного трубопровода длиной 10 м и микроводовыпусков из армированных алюминиевых микротрубок с просверленными через 1 м отверстиями (рис. 1).



**Рис. 1. Схема полустационарной низконапорной малообъемной системы капельного орошения картофеля (НСКО):**  
 1 – насос; 2 – резервуар-отстойник объемом 200 л с фильтром;  
 3 – вентиль с соединителем; 4 – водомер; 5 – распределительный трубопровод; 6 – отвод Т-образный; 7 – колено; 8 – поливной трубопровод с калиброванными армированными микроводовыпусками; 9 – заглушка; I–V – очередность переноса поливных трубопроводов и полива делянок

После перекрытия вентиля полустационарная часть НСКО (4–9) отсоединяется, вручную переносится к следующему вентилю для полива очередного участка.

Для расчета зависимости расхода микроводовыпуска  $q$ , л/ч, от его диаметра  $d$ , м, при коэффициенте расхода 0,65 использовали формулу:

$$q = 7,49d^2hi^{1/2},$$

где  $hi$  – пьезометрический напор, м.

Результаты расчета расхода микроводовыпуска представлены на рис. 2.

Расход поливного трубопровода, л/ч,

$$Q_{пт} = qL / a,$$

где  $L$  – длина поливного трубопровода, м;  $q$  – средний расчетный расход микроводовыпуска, л/ч;  $a$  – расстояние между микроводовыпусками в поливном трубопроводе, м.

С учетом продольного уклона участка  $i = 0,003$  и принятого расчетного расхода микроводовыпуска  $q = 16$  л/ч расчетный диаметр микроводовыпуска составил 1,4 мм. Диаметр отверстий на опытной и контрольной системах составил 1,4 мм.

При принятых исходных данных получили расход поливного трубопровода –  $Q_{пт} = 0,044$  л/с. Расход распределительного трубопровода при одновременной работы четырех поливных трубопроводов составил  $Q_{рт} = 0,176$  л/с.

Диаметр поливного  $D_{пт}$  и распределительного  $D_{рт}$  трубопроводов определяем по номограмме, которая приведена в работе [8]. Принимаем  $D_{пт} = 12$  мм,  $D_{рт} = 16$  мм.

В полевых условиях фактические расходы микроводовыпусков определяли при помощи мерного сосуда. Продолжительность накопления воды в сосудах – 30 с, время проведения измерения утром – в 6...7 ч, вечером – в 18...19 ч.

Нормы водопотребления и режимы орошения изучали на картофеле сорта Бигроз в 2011–2013 гг. Посадку клубней проводили в феврале на заранее подготовленной обработанной почве на глубину 10 см с расстоянием между ними 30 см в ряду. Расстояния между рядами – 70 см.

Климатические показатели определяли при помощи цифровой метеостанции. Годовые нормы минеральных удобрений ( $N = 120$  кг/га;  $P_2O_5 = 100$  кг/га и  $K_2O = 150$  кг/га) и органических удобрений (30 т/га) приняты на основе рекомендаций, приведенных в работе [2]. Фосфорные и органические удобрения вносили перед вспашкой, а азотные и калийные минеральные удобрения – одновременно во время поливов тремя подкормками. Первую подкормку вносили на 25...30 день после посадки в период активного роста ботвы, которая была совмещена с первым окучиванием. Вторую подкормку проводили через 20...25 дней после первой в фазе бутонизации, третью подкормку через – 20...25 дней после второй во время фазы цветения, которая была совмещена с вторым окучиванием.

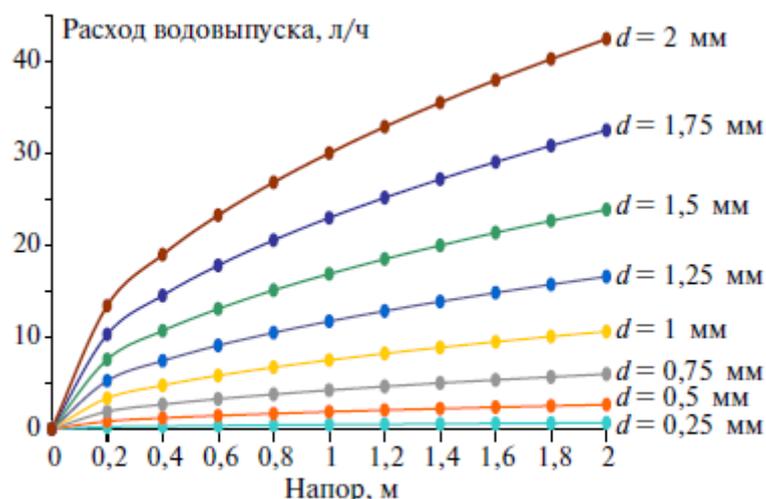


Рис. 2. Зависимость расхода микроводовыпуска от его диаметра при различных напорах

**Результаты исследования и их обсуждение.** Температура воздуха при замерах расходов в конце июня-июля составляла: утром – 22...25 °С, вечером – 37...39°С. В результате выяснилось, что расход неармированных микроводовыпусков в зависимости от температуры воздуха увеличивается почти в 2 раза. Это связано с коэффициентом линейного расширения полиэтилена и отклонения диаметра микроводовыпусков от расчетного (1,4 мм) при их сверлении в стенке трубопровода (табл. 1).

Таблица 1

Показатели расхода армированных и неармированных водовыпусков утром и вечером по линиям поливных труб

Средний напор воды, м	Время замеров	Средний расход микроводовыпусков, л/ч					
		Без армирования			Армированные		
		Начало	Середина	Конец	Начало	Середина	Конец
1,8	Утром	14,67	12,36	14,09	19,86	18,42	17,79
	Вечером	21,9	19,38	20,52	18,81	17,22	16,62
	Соотношение расхода вечер/утро	1,49	1,57	1,46	0,95	0,93	0,93
1,5	Утром	13,74	11,97	13,41	15,99	16,59	17,88
	Вечером	20,28	17,46	19,68	17,91	18,66	19,74
	Соотношение расхода вечер/утро	1,48	1,46	1,47	1,12	1,12	1,10
0,7	Утром	12,56	10,89	13,65	16,53	17,22	18,69
	Вечером	15,27	13,14	18,69	15,60	16,41	18,00
	Соотношение расхода вечер/утро	1,22	1,21	1,37	0,94	0,95	0,96

Как видно из табл. 1, на армированных микроводовыпусках разница между средними расходами микроводовыпусков утром и вечером

незначительна – от 0,93 до 1,12 раз. Это свидетельствует о неравномерном распределении расхода из неармированных микроводовыпусков по сравнению с армированными микроводовыпусками (табл. 2).

Таблица 2

Средние и статистические показатели расхода микроводовыпусков

Микроводовыпуски	Средний расход микроводовыпусков с доверительным интервалом 95 %	Доля разброса от среднего расхода, %	Коэффициент равномерности расхода по длине
Без армирования	15,76 ± 4,26	10,8	1,03
С армированием	17,66 ± 1,08	2,4	0,87

Равномерность распределения расхода из микроводовыпусков по длине в обоих вариантах почти одинаковая.

На полустационарную низконапорную малообъемную систему капельного орошения получен малый патент Республики Таджикистан (№ ТЈ549 от 18 декабря 2012 г.) [10].

Анализ климатических данных в годы проведения опыта показал, что по степени обеспеченности осадками вегетационного периода первый год (2011 г.) проведения эксперимента был засушливым. Второй год (2012 г.) был влажным, третий год (2013 г.) соответствовал среднему году влагообеспеченности (табл. 3). За годы проведения эксперимента количество осадков колебалось от 141,7 до 330,5 мм, температура воздуха – от 18,4 до 20,9 °С.

Таблица 3

Климатические данные вегетационного периода картофеля в 2011–2013 гг.

Параметры	Месяц				Сумма
	Март	Апрель	Май	Июнь	
<b>Засушливый год</b>					
Атмосферные осадки, мм	95,7	24,0	20,0	2,0	141,7
Среднемесячная температура воздуха, °С	10,4	18,7	24,9	29,6	20,9
<b>Влажный год</b>					
Атмосферные осадки, мм	125,5	108,0	55,0	42,0	330,5
Среднемесячная температура воздуха, °С	8,4	18,6	20,6	26,0	18,4
<b>Средний год</b>					
Атмосферные осадки, мм	56,3	102,5	18,2	0,0	177,0
Среднемесячная температура воздуха, °С	13,3	15,4	21,3	28,4	19,6

Как видно из табл. 3, во влажный год выпадает в 2,3 раза больше атмосферных осадков, чем в засушливый год, и в 1,9 раза больше, чем в

средний год. Среднемесячная температура воздуха во влажный год в 1,07 раза ниже, чем в средний год, и в 1,14 раза ниже, чем в засушливый год. Нормы водопотребления и режимы орошения картофеля формировали с учетом влияния осадков и температуры воздуха.

Наблюдения показали, что поливной период на опытном участке начинался примерно в апреле и заканчивался в июне. Данные по результатам исследований в период вегетации по суммарному водопотреблению картофеля, поливным и оросительным нормам приведены табл. 4.

*Таблица 4*

Водопотребление, поливные и оросительные нормы при капельном орошении картофеля за 2011–2013 гг.

Показатели		Засушливый 2011 г.	Средний 2013 г.	Влажный 2012 г.
Среднее количество поливов		20	14	10
Средняя поливная норма, м <sup>3</sup> /га		170	170	170
Поливной период	Начало	2 апреля	12 апреля	20 апреля
	Конец	17 июня	12 июня	30 июня
Оросительная норма	м <sup>3</sup> /га	3400	2380	1700
	Доля от эвапотранспирации, %	80	57	45
Осадки, используемые в вегетационном периоде	м <sup>3</sup> /га	460	683	1480
	Доля от эвапотранспирации, %	11	16	39
Использование почвенной влаги	м <sup>3</sup> /га	366	1082	591
	Доля от эвапотранспирации, %	9	26	16
Годовая норма водопотребления, м <sup>3</sup> /га		4226	4145	3771

Как видно из табл. 4, количество поливов и оросительная норма во влажный год в 2 раза меньше, чем в засушливый год, и в 1,4 раза меньше, чем в средний год. Межполивной период оставлял 3...6 дней. Влажность почвы в среднем на глубине расчетного слоя колебалась от 77...82 % НВ до полива при заданной влажности 80 %, после полива она повышалась до 97...100 % (рис. 3). Повышение оросительной нормы в первый год (2011 г.) по сравнению со средним годом по степени обеспеченности осадками (2013 г.) объясняется засушливостью года, снижение оросительной нормы на второй год объясняется выпадением обильных осадков в апреле и мае 2012 г. Дополнительно растения использовали почвенную влагу и осадки.

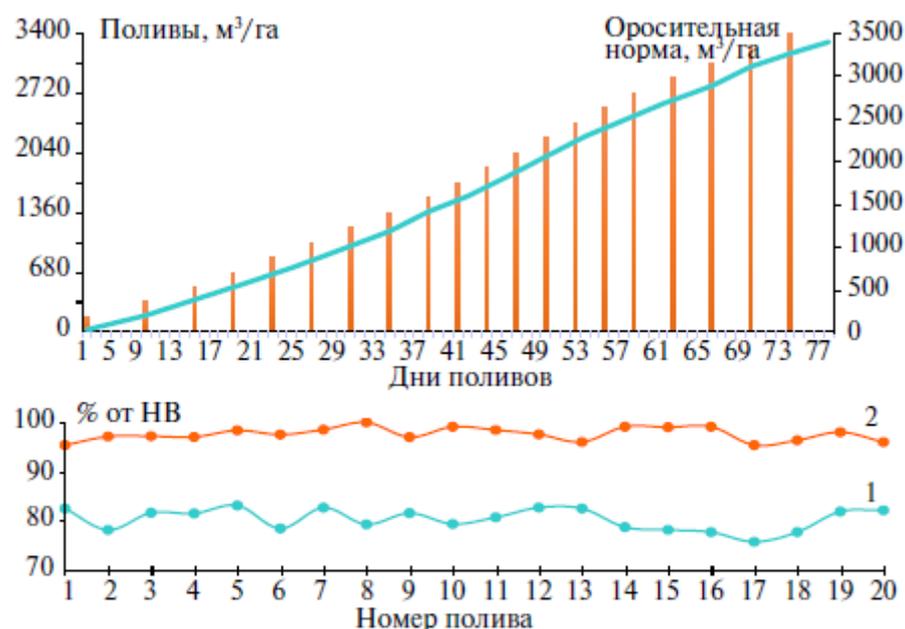


Рис. 3. Влажность почвы на глубине расчетного слоя при капельном орошении картофеля (2011 г.): 1, 2 – соответственно предполивная и послеполивная влажность почвы в слое 0...0,3 м, % НВ

Для планирования водопользования автором рассчитаны декадные гидромодули, нормы и количество поливов для различных годов по степени обеспеченности осадками (табл. 5).

Таблица 5

Декадный гидромодуль, нормы и количество поливов при капельном орошении картофеля

Показатели	Апрель			Май			Июнь		Итого
	1	2	3	1	2	3	1	2	
<b>Засушливый год</b>									
Декадные нормы полива картофеля, м³/га	340	340	510	510	510	510	510	170	3400
Количество поливов	2	2	3	3	3	3	3	1	20
Средние поливные нормы, м³/га	170	170	170	170	170	170	170	170	–
Декадный гидромодуль, (л/с)/га	0,39	0,39	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,20	–
<b>Влажный год</b>									
Декадные нормы полива картофеля КО, м³/га	–	–	340	170	170	340	340	340	1700
Количество поливов	–	–	2	1	1	2	2	2	10
Средние поливные нормы, м³/га	–	–	170	170	170	170	170	170	–
Декадный гидромодуль, (л/с)/га	–	–	0,39	0,20	0,20	0,39	0,39	0,39	–
<b>Средний год</b>									
Декадные нормы полива картофеля, м³/га	–	340	340	340	510	510	340	–	2380
Количество поливов	–	2	2	2	3	3	2	–	14
Средние поливные нормы, м³/га	–	170	170	170	170	170	170	–	–
Декадный гидромодуль, (л/с)/га	–	0,39	0,39	0,39	0,59	0,59	0,39	–	–

Как видно из табл. 5, в среднем количество поливов в зависимости от степени увлажненности года изменялось от 10 до 20 при средней поливной норме 170 м<sup>3</sup>/га. Оросительные нормы в зависимости от обеспеченности года осадками изменялись от 1700 до 3400 м<sup>3</sup>/га. Максимальные значения декадного гидромодуля были в сухие и средние годы по увлажненности – 0,59 (л/с)/га в период интенсивного роста растений. В другие периоды декадные гидромодули колебались в пределах 0,2...0,39 (л/с)/га.

В среднем урожайность картофеля за годы проведения опыта варьировался от 54 до 58,2 т/га, затраты оросительной воды на выращивание одной тонны урожая картофеля составили от 31,5 до 60,3 м<sup>3</sup> (табл. 6).

### **Заключение**

1. Диаметр микроводовыпусков можно определять по формуле истечения жидкости из отверстий, при этом в расчетах необходимо принимать значение коэффициента расхода 0,65. Для ускорения расчетов построена номограмма определения диаметра водовыпусков в зависимости от его расхода и пьезометрического напора.

2. При армировании водовыпусков алюминиевыми микротрубками обеспечивается равномерное распределение расхода, разница между средними расходами микроводовыпусков утром и вечером – до 1,21 раза, доля разброса расходов от среднего значения составила 2,4 %. При неармированных микроводовыпусках разница расходов составляет до 1,57 раза, доля разброса расходов микроводовыпусков – 10,8 %.

3. Годовые нормы водорпотребления картофеля составляют 3771...4226 м<sup>3</sup>/га. При средней поливной норме 170 м<sup>3</sup>/га оросительная норма за поливной период для различных годов обеспеченности осадками составила от 1700 до 3400 м<sup>3</sup>/га, количество поливов – от 10 до 20. В среднем урожайность изменялась от 54 до 58,2 т/га, затраты оросительной воды на выращивание 1 т урожая картофеля при капельном орошении составили от 31,5 до 60,3 м<sup>3</sup>.