

Научно-информационный центр
Межгосударственной координационной водохозяйственной комиссии
Центральной Азии

Ш.Ш. Мухамеджанов

**Расчёт доли фильтрационных потерь
из внутрихозяйственных оросительных
каналов в питании грунтовых
и дренажных вод**

Ташкент 2023

Одной из главных экологических проблем Центральной Азии и Узбекистана является формирование большого объема возвратных коллекторно-дренажных вод с орошаемых земель. Высокая минерализация этих вод ухудшает речные бассейны и образует солёные озёра в местах их отвода. Объём коллекторно-дренажных вод в настоящее время превышает 30 км³ в год, что составляет более 25% от общих водных ресурсов Центральной Азии.

Практически все воды и водоёмы орошаемого комплекса и систем участвуют в формировании возвратных вод. К ним относятся речные русла, водохранилища и озёра, оросительные каналы всех уровней (магистральные, межхозяйственные, внутрихозяйственные), орошаемые земли, грунтовые и подземные воды. Доля каждой из перечисленных составляющих зависит от территории. На одних территориях речные русла, водохранилища и озёра существуют, на других отсутствуют, система оросительных каналов всех уровней, поливные поля и дренажные системы для отвода грунтовых и подземных вод также на одних территориях имеют место быть, на других нет. Тем не менее, наибольшая доля в формировании возвратных вод приходится на орошаемые поля и оросительные системы каналов.

Первичным источником формирования дренажно-сбросных вод является орошаемое поле. В связи с этим исследование их формирования на небольших участках наиболее целесообразно и осуществимо, как в организации, так и в учете всех необходимых параметров. На орошаемых полях, из-за несовершенства техники и технологии полива, источником возвратных вод, являются поверхностные сбросы с полей орошения и инфильтрация оросительных вод, а также фильтрационные потери из оросительных каналов.

Для принятия мер по сокращению объёма дренажных вод необходимо дать оценку долевого участия каждой составляющей, определить их количественные значения и установить природу их формирования. Оросительные каналы являются одной из значимых составляющих дренажный сток факторов. Потери воды на фильтрацию, по различным категориям каналов, оказывают влияние на подъём грунтовых вод и тем самым усиливают нагрузку на дренажные системы. Наиболее густо расположенной системой каналов является внутрихозяйственная сеть каналов в орошаемой зоне. Чем меньше площадь орошаемых полей, тем больше густота каналов и тем больше потерь приходится на внутрихозяйственную сеть. Тем более, что большая часть внутрихозяйственной сети находится в земляном русле. Наши исследования в данной работе были посвящены вопросам оценки и расчёта доли питания грунтовых и дренажных вод за счёт фильтрационных потерь из внутрихозяйственных каналов.

Доля питания фильтрационных потерь из внутрихозяйственных оросительных каналов в питании дренажного стока зависит от величины этих потерь, участвующих в питании грунтовых вод. Не вся вода, фильтрующаяся из канала, попадает в грунтовые воды: часть впитывается в почву, а часть расходуется на испарение. Суммарная величина питания грунтовых вод за счёт фильтрации из каналов зависит от коэффициента полезного действия каналов каждого уровня. Исходя из этого положения, С.Ф. Аверьянов [1] предлагает питание грунтовых вод за счёт фильтрации из каналов определять по следующему выражению:

$$\sum \alpha \Phi_k = \frac{O_p}{\eta} [\alpha_1(1 - \eta_1) + \alpha_2 \eta_1(1 - \eta_2) + \alpha_3 \eta_1 \eta_2(1 - \eta_3)] \quad (1)$$

При расчёте доли фильтрационных потерь из каналов в питании дренажного стока, необходимо иметь в виду, что наибольшая доля фильтрационных потерь приходится на каналы, расположенные на той же площади, что и дренажная система, то есть внутрихозяйственная сеть каналов. При этом, потери из магистральных и межхозяйственных каналов учитываются частично [1]. В выражении (1) величина доли питания грунтовых вод рассчитывается, как сумма доли фильтрационных потерь $\sum \alpha \Phi_k$ с магистральных, межхозяйственных и внутрихозяйственных каналов. Если рассматривать только долю фильтрационных потерь за счёт внутрихозяйственных каналов в питании грунтовых вод, то выражение (1) примет следующий вид:

$$\alpha \Phi_k = \frac{O_p}{\eta} \alpha(1 - \eta) \quad (2)$$

Где:

O_p – оросительная норма при поливе;

α – доля фильтрации из канала, идущая на питание грунтовых вод;

η – КПД внутрихозяйственного канала.

В нашей оценке, для расчёта доли питания грунтовых вод за счёт фильтрации из внутрихозяйственных каналов была использована формула (2). В расчётах значения оросительных норм были приняты по материалам, полученным по результатам балансовых исследований, проведённым

автором данной работы в 2002-2005 годах, для различных условий Ферганской долины. [4, 5].

Доля фильтрации из канала, идущая на питание грунтовых вод – α была принята по результатам исследований С.Ф. Аверьянова. По С.Ф. Аверьянову [1], для гумидных условий при высоких грунтовых водах, если нет специальных перехватывающих дрен или лесных полос, долю питания грунтовых вод за счёт фильтрационных потерь из внутрихозяйственной сети можно принять равной $\alpha=1$, то есть вся фильтрующаяся вода из канала поступает на питание грунтовых вод. Для земель, имеющих глубокие грунтовые воды, долю питания грунтовых вод можно принять до 0,6.

Для аридной зоны Центральной Азии фильтрационные воды, попадая в почву, затрачиваются не только на увлажнение и питание грунтовых вод, но и на испарение. Поэтому доля питания грунтовых вод за счёт фильтрации из каналов для аридной зоны значительно ниже, чем для гумидных зон. Для аридной зоны Центральной Азии и, в частности, Узбекистана, доля питания грунтовых вод в результате фильтрации из каналов для земель с глубоким залеганием грунтовых вод будет составлять 0,2, а для земель с высоким залеганием грунтовых вод – 0,4. Величину КПД внутрихозяйственной сети мы приняли по данным наших расчётов, основанные на зависимостях, полученных Н.Т. Лактаевым. Факторами, определяющими величину КПД внутрихозяйственной оросительной сети, являются: инфильтрационные характеристики почвогрунтов; средневзвешенная орошаемая площадь, подвешенная к одной точке водовыдела хозяйству; удельная протяженность оросительной сети; площадь среднего поливного участка; глубина залегания грунтовых вод; доля сети с антифильтрационными покрытиями от общей протяженности оросительной сети.

Исследованиями САНИИРИ и других научно-исследовательских организаций подтверждена закономерность снижения КПД внутрихозяйственной оросительной сети при увеличении средневзвешенной площади, подвешенной к одной точке водовыдела хозяйства. Исходя из этого и с учетом результатов исследований, проведенных в различных орошаемых зонах Центрально-Азиатского региона, Н.Т. Лактаевым были предложены графические зависимости «нормативных» значений КПД внутрихозяйственной оросительной сети от водопроницаемости подстилающих почво-грунтов, средневзвешенной площади, подвешенной к точке водовыдела из межхозяйственной оросительной сети, и средней площади поливного участка (рис. 1). [2, 3].

Эти графические зависимости были переведены в семейство степенных зависимостей вида:

$$\eta_{\text{в-хоз с (зем)}} = a \times (\Omega_{\text{водовыдела}})^{-b} \quad (3)$$

Где:

$\Omega_{\text{водовыдела}}$ – средневзвешенная площадь, подвешенная к точке водовыдела из межхозяйственной оросительной сети,

a и b – коэффициенты степенной зависимости, определяемые из таблицы. 1.

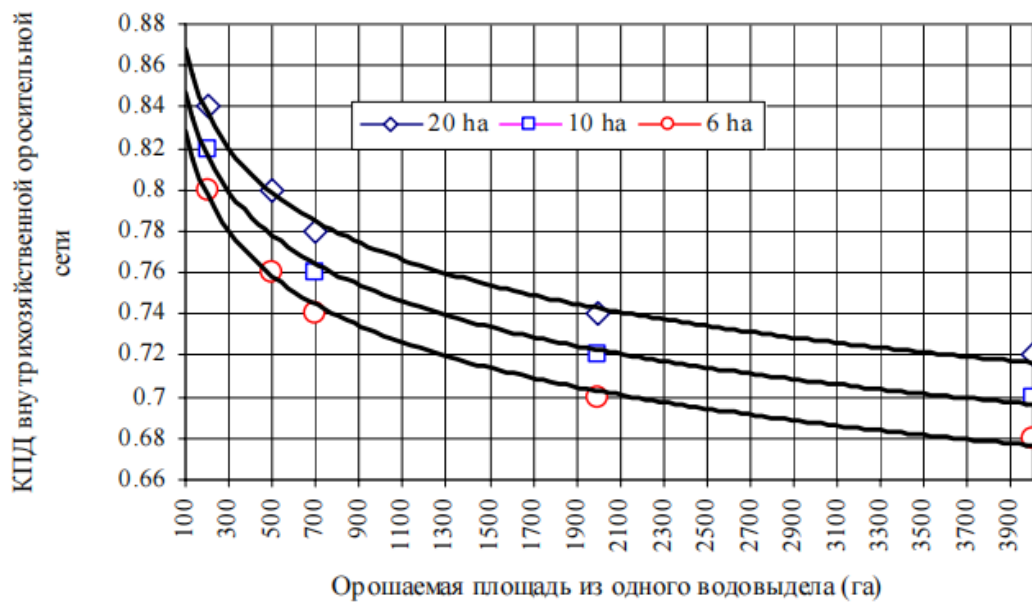


Рис. 1. Значения КПД внутрихозяйственной сети в зависимости от орошаемой площади

Таблица 1

Коэффициенты зависимости, определяемые по формуле (3)

Водопроницаемость почвогрунтов	Площадь поливного участка, га	коэффициенты	
		a	b
НИЗКАЯ	20	1,2746	-0,0656
	10	1,2574	-0,0673
	6	1,2529	-0,0701
СРЕДНЯЯ	20	1,1036	-0,0521
	10	1,0825	-0,0532
	6	1,0669	-0,0549
ВЫСОКАЯ	20	1,0119	-0,0447
	10	1,001	-0,0468
	6	0,9741	-0,0464

В исследованиях Н.Т. Лактаева нормативные значения КПД внутрихозяйственной оросительной сети определены для условий земляных русел при глубине залегания грунтовых вод ≥ 3 м. [2]. Как отмечает Н.Т. Лактаев, организационные потери в орошаемом земледелии возникают из-за несоответствия во времени расхода воды, подаваемого хозяйству, расходам, фактически подаваемыми на поля в конкретные периоды. Организационные потери практически отсутствуют в хозяйствах с низкой водообеспеченностью и достаточно велики в хозяйствах с водообеспеченностью высокой.

По исследованиям Н.Т. Лактаева, [2], зависимость организационного КПД от водообеспеченности характеризуется данными, сведенными в таблицу 2

Таблица 2

Зависимость организационного КПД от водообеспеченности

Водообеспеченность хозяйства в%	70	80	90	100	110	120	125
Организационный КПД (в долях к 1)	0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,83	0,80

Эта связь достаточно точно может быть аппроксимирована полиномом второй степени:

$$\eta_{\text{орг}} = -0.0000435 \times WA^2 + 0.0051 \times WA + 0.8438 \quad (4)$$

Где:

$\eta_{\text{орг}}$ – организационный КПД (в долях);

WA – водообеспеченность хозяйства относительно требований сельхозкультур на орошение (%).

Эксплуатационный КПД, учитывающий инфильтрационные и организационные потери при транспортировке воды от водовыдела в хозяйство и до орошаемых полей, может быть представлен в виде:

$$\eta_{\text{в-хоз. (эксплуатационный)}} = \eta_{\text{в-хоз. (инф.)}} \times \eta_{\text{орг}}. \quad (5)$$

В наших исследованиях мы воспользовались предложенными Н.Т. Лактаевым зависимостями при расчёте потерь из внутрихозяйственной сети. При этом, учитывая зависимость организационного КПД от водообеспеченности, в расчётах для определения КПД внутрихозяйственной сети мы использовали зависимость (4), она точнее отражает реальные потери в оросительной системе при рассмотрении отдельных орошаемых площадей [6].

Расчёты были проведены для трех уровней водопроницаемости грунтов, которые наиболее характерны для орошаемой зоны Узбекистана – низкой,

средней и высокой. Организационные потери приняты для уровня водообеспеченности $WA=0,8$:

$$\eta_{\text{орг}} = -0.0000435 \times 0,8^2 + 0.0051 \times 0,8 + 0.8438 = 0,847 \quad (6)$$

Эксплуатационный КПД, учитывающий инфильтрационные и организационные потери при транспортировке воды от водовыдела в хозяйство и до орошаемых полей рассчитан для средней водопроницаемости земель с площадью 10 га (табл. 3), для высокой водопроницаемости с площадью 6 га.

Таблица 3

Расчёт КПД оросительных систем для различных условий водопроницаемости

Водопроницаемость почвогрунтов	Площадь поливного участка (Ω)	a	b	Ω^{-b}	$\eta_{\text{в-хоз}} = a \times \Omega^{-b}$
Низкая	20	1,2746	-0,0656	0,82	1,0
	10	1,2574	-0,0673	0,86	1,0
	6	1,2529	-0,0701	0,88	1,0
Средняя	20	1,1036	-0,0521	0,86	0,95
	10	1,0825	-0,0532	0,88	0,95
	6	1,0669	-0,0549	0,91	0,97
Высокая	20	1,0119	-0,0447	0,87	0,88
	10	1,001	-0,0468	0,9	0,90
	6	0,9741	-0,0464	0,92	0,90
Средняя					0,98

внутрихозяйственного эксплуатационного КПД производились по формуле (5):

для средней водопроницаемости грунтов с площадью 10 га:

$$\eta_{\text{в-хоз. (экспл.)}} = \eta_{\text{в-хоз. (зем.)}} \times \eta_{\text{орг}} = 0,95 \times 0,847 = 0,80 \quad (7)$$

для высокой водопроницаемости грунтов с площадью 6 га:

$$\eta_{\text{в-хоз. (экспл.)}} = \eta_{\text{в-хоз. (зем.)}} \times \eta_{\text{орг}} = 0,90 \times 0,847 = 0,76 \quad (8)$$

для осреднённых условий:

$$\eta_{\text{в-хоз. (экспл.)}} = \eta_{\text{в-хоз. (зем.)}} \times \eta_{\text{орг}} = 0,98 \times 0,847 = 0,83 \quad (9)$$

Полученные данные и расчётные значения по зависимости 2 приведены в таблице 4.

Таблица 4

Расчёт доли питания грунтовых вод за счёт фильтрации из внутрихозяйственных каналов

Районы	Ор м ³ /га	α	η	1-η	αФк м ³ /га	Доля питания в % к норме ороше- ния	Голов- ной водоза- бор м ³ /га	Доля питания в % от головного водозабора
Кувинский	6918	0,4	0,83	0,17	567	8	10809	5
Ахунбабаевский	18804	0,2	0,76	0,24	1188	6	32420	4
Булакбашинский	9399	0,2	0,8	0,2	470	5	14685	3
	Средн				741	6,3		4

Заключение

Итак, по расчётам с использованием зависимости С.Ф. Аверьянова средняя величина питания грунтовых вод за счёт фильтрации из каналов внутрихозяйственной сети составляет 741 м³/га или 4 % от водозабора или 0,04 в долях единицы.

Приведённые расчёты показывают, что доля питания грунтовых и дренажных вод от фильтрации из внутрихозяйственной сети составляет 4% от головного водозабора. Несмотря на то, что потери их каналов на орошаемых землях Узбекистана достигают 30-40% от расхода воды в канале, тем не менее, питание грунтовых вод и питание дренажных вод за счёт этих потерь невысокая. Дело в том, что изучение процессов питания на орошаемых землях Центральной Азии и в частности в Узбекистане показали, что из фильтрационных потерь из внутрихозяйственных каналов

доля питания α составляет всего 0,2. Остальная часть фильтрационных вод затрачивается на испарение и увлажнение почвенного слоя.

Если учесть, что по Узбекистану на орошение забирается до 60 км^3 в год и более, то 4% относительно головного водозабора – это большая величина, достигающая $2,4 \text{ км}^3$ в год. Это не маленький объём воды, если говорить о водоносных горизонтах грунтовых вод и дренажных водах, куда попадает этот сток. Более того, если речь идёт о внутриводосточной сети, потери на фильтрацию будут тем больше, чем меньше орошаемые поля и гуще оросительная сеть. В этом случае для уменьшения потерь от оросительных каналов внутриводосточной сети достаточно увеличить площадь поливного поля, за счёт чего уменьшится густота внутриводосточной оросительной сети. Исследования показали, что увеличение площади поливного поля от 6 до 10 га может увеличить КПД канала с 0,76 до 0,80.

Список литературы

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - М., "Колос", 1978.
2. Джурабеков И.Х., Лактаев Н.Т. Совершенствование оросительных систем и мелиорация земель Узбекистана, Ташкент: Узбекистан, 1983.
3. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. М., "Колос", 1978.
4. Мухамеджанов Ш.Ш. Установление Закономерности формирования дренажного стока и влияние его использования на гидрогеолого-мелиоративные процессы орошаемой зоны (на примере Ферганской долины). Диссертация канд. техн. наук, Ташкент, 1990
5. Мухамеджанов Ш.Ш., Интегрированное управление водными ресурсами в Ферганской долине (ИУВР-Фергана), Отчёт к проекту, НИЦ МКВК, Ташкент, 2002-2004.
6. Хорст М.Г, Техника полива в увязке с режимом работы оросительных каналов Сборник научных трудов САНИИРИ им.В.Д.Журина, 2006.

Верстка: Беглов И.

Подготовлено к печати
в Научно-информационном центре МКВК

Республика Узбекистан, 100 187,
г. Ташкент, м-в Карасу-4, д. 11А

sic.icwc-aral.uz