

---

---

**ОСОБОЕ МНЕНИЕ**

---

---

УДК 631.671

**А. Рамазанов, В. Г. Насонов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**О ВЕЛИЧИНЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

*На основе ретроспективного анализа результатов многолетних лизиметрических исследований величины эвапотранспирации сельскохозяйственных культур с учетом глубины залегания грунтовых вод установлена их неадекватность фактически складывающимся условиям орошаемого поля. Обоснована необходимость установления водопотребления с использованием опытных данных и расчетных методов на базе климатических факторов, широко применяемых в мировой практике.*

*Ключевые слова: лизиметр, эвапотранспирация, глубина залегания грунтовых вод, опытный и расчетный методы.*

В равнинной части Аральского моря, где испокон веков ведется орошаемое земледелие, планирование водопользования и обоснование параметров искусственного дренажа базируются на величине водопотребления сельскохозяйственных культур – эвапотранспирации [1]. Согласно общепринятому определению под стандартной эвапотранспирацией (суммарным испарением) подразумевается требование к воде идеально управляемого, хорошо увлажненного, удобренного почвенного слоя, который достигает полной производительности при данных климатических условиях. При нестандартных условиях: засоленность почв, низкое плодородие, невысокая агротехника, низкая урожайность – величина эвапотранспирации снижается.

За последние 50 лет в ряде стран мира исследованы и разработаны экспериментальные и расчетные методы определения эвапотранспирации на базе различных гидрогеологических и климатических переменных. На орошаемых землях Центральной Азии в 50–60-е годы прошлого века в специальной литературе достаточно широко освещалось представление о зависимости водопотребления сельскохозяйственных культур от глубины залегания грунтовых вод. Это представление основывается на лизиметрических наблюдениях. Согласно этим данным максимальная величина эвапотранспирации соответствует близкому залеганию, а минимальная – глубокому залеганию уровня грунтовых вод.

Сопоставление и анализ результатов проведенных исследований свидетельствуют о достаточно широком изменении величины эвапотранспирации. Во всех опытах, проведенных на опытно-мелиоративных станциях Узбекистана, не удалось получить хотя бы примерно одинаковой урожайности в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и водопотребление в основном зависело от урожайности хлопчатника. Это означает, что на лизиметрах с разной глубиной залегания уровня грунтовых вод поддерживался неодинаковый режим влажности в корнеобитаемом слое почвы, уменьшающийся с глубиной. Аналогичные данные получены в опытах, проведенных в течение ряда лет в Туркменистане и Таджикистане (таблица 1).

Отмеченные различия в величине водопотребления обусловлены рядом недостатков и методических допусков при постановке опытов и наблюдений на лизиметрических установках, а именно: несоответствием режимов орошения хлопчатника, глубины залегания грунтовых вод, моделируемых в лизиметрах; неидентичностью раститель-

ности в лизиметрах и на смежных с ними площадях (высоты растений, индекса листовой поверхности); неудачным расположением лизиметров относительно планового расположения орошаемых полей и несоответствующим фактическому водопотреблению; различным уровнем грунтовых вод в лизиметрах при одинаковом уровне грунтовых вод на окружающей площади.

**Таблица 1 – Величины эвапотранспирации и урожайности хлопчатника в зависимости от глубины залегания грунтовых вод**

Зона и год проведения исследований			Глубина залегания грунтовых вод, м		
Наименование республики	Наименование массива	Год	1,0	2,0	3,0
Узбекистан	Голодная степь	1950– 1956	<u>10878</u> 69,8	<u>5922</u> 42,3	<u>5019</u> 36,8
	Бухарский оазис	1952– 1956	<u>9650</u> 61,2	<u>8365</u> 48,6	<u>7460</u> 49,6
	Ферганская долина	1951– 1952	<u>7771</u> 63,8	<u>4090</u> 29,7	<u>4239</u> -
Туркменистан	Гарджанская область	1948– 1952	<u>11400</u> -	<u>6790</u> -	<u>6170</u> -
	Тедженская область	1958– 1962	<u>9170</u> -	<u>7860</u> -	<u>7500</u> -
	Ашхабадская область	1971– 1972	<u>13100</u> -	<u>12500</u> -	<u>11350</u> -
	Кизыл-Атрекская область	1977– 1979	<u>8230</u> -	<u>8620</u> -	<u>8150</u> -
Таджикистан	Гиссарская долина	1960– 1965	<u>11490</u> 69,0	<u>11400</u> 79,0	<u>11390</u> 84,0
	Вахшская долина	1971– 1973	<u>13870</u> 78,0	<u>1098</u> 70,0	<u>11450</u> 71,0
	Яванская долина	1971– 1973	<u>7740</u> 51,2	<u>8520</u> 57,0	<u>9110</u> 60,8

Примечание – Числитель – эвапотранспирация, м<sup>3</sup>/га; знаменатель – урожайность хлопчатника, ц/га.

Из изложенного выше вытекает, что лизиметрические исследования, проведенные в разные годы, не позволяют сделать однозначные обобщения о зависимости водопотребления от глубины грунтовых вод и водопотреблении сельскохозяйственных культур при оптимальном увлажнении и высокой урожайности. Необходимо также отметить, что в мировой практике из-за сложности выполнения организационно-технических требований, дороговизны изготовления, потребности в специальном уходе лизиметры в последние 30–35 лет используются крайне редко, а в Узбекистане их вообще нет.

Следует отметить, что в принципе существующие представления о зависимости эвапотранспирации от уровня грунтовых вод противоречат многолетней теории и практике определения водопотребления сельскохозяйственных культур при планировании орошения в общемировой практике.

До настоящего времени существует мнение об увеличении расхода воды на орошение по мере понижения уровня грунтовых вод. Все опытные и расчетные данные (СоюзНИХИ, института «Средазгипроводхлопок») свидетельствуют о снижении числа поливов и оросительных норм по мере уменьшения глубины залегания грунтовых вод [2, 3]. В годовом разрезе затраты оросительной воды с учетом промывок

в осенне-зимний период не зависят от глубины грунтовых вод (при хорошем дренаже) и требований к уровню влажности и практически одинаковы (таблица 2).

**Таблица 2 – Затраты воды на орошение хлопчатника при различной глубине грунтовых вод (широотно-климатическая зона Ц-П-Б Узбекистана)**

В м<sup>3</sup>/га

Гидромо- дульный район	Глубина грунто- вых вод, м	Ороси- тельная норма	Осадки		Вневегета- ционные поливы	Затраты ороситель- ной воды	Общие затраты воды
			за веге- тацию	годо- вые			
II–III	> 3	6700	960	2950	2000	8700	11650
		6600	960	2960	2400	9000	11960
V–VI	2–3	5000	960	2950	3200	8200	11150
		5800	960	2960	3200	9000	11960
VII	1–2	3600	960	2950	4500	8100	11050
		4600	960	2960	4600	9200	12160
IX	1	2500	960	2950	5500	8450	11400
		-	-	-	-	-	-

Примечание – Числитель – рекомендации СоюзНИХИ (1971 г.); знаменатель – расчетные данные «Средазгипроводхлопок» (1970 г.).

До настоящего времени водоподача на орошаемые земли осуществляется в соответствии с плановыми и расчетными режимами орошения, которые не адекватны нормам водопотребления культур хлопкового комплекса. В этой связи совершенно очевидна необходимость определения водопотребления сельскохозяйственных культур – эвапотранспирации – с использованием опытных данных и расчетных методов на базе климатических факторов, обычно применяемых в мировой практике.

В Узбекистане, как и во всем Среднеазиатском регионе, установлена следующая эмпирическая зависимость между испарением с водной поверхности (испаряемостью) и фактическим расходом влаги хлопчатником для легко- и среднесуглинистых почв, полученная на основе обобщения данных опытных станций:

$$E = E_o \cdot 1,58/31,62,$$

где  $E$  – среднемесячные значения эвапотранспирации (суммарного испарения), мм;

$E_o$  – среднемесячные значения испаряемости по Иванову с поправкой Молчанова, мм.

Формула может быть упрощена для среднемесячных значений до следующего вида:

$$E = K_k \cdot E_o,$$

где  $K_k$  – коэффициент культуры для среднемесячных значений.

Среднемесячные значения испарения с водной поверхности определяются по следующей формуле:

$$E = 0,00144 \cdot (25+t) \cdot (100-a), \quad (1)$$

где  $t$  – среднемесячная температура, °С;

$a$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Формула (1) не учитывает радиацию, ветровой режим, внутримесячные колебания других метеорологических параметров. Однако для многих районов сопоставление многолетних опытных данных по водному и тепловому балансу, по расходованию почвенной влаги растениями и испарению с водной поверхности показало достаточно высокую точность определения среднемесячных значений эвапотранспирации и испарения с водной поверхности.

Хотя использование атмосферы в качестве испаряющей силы при испарении с водной поверхности не потеряло практической значимости, для оценки среднемесяч-

ных значений эвапотранспирации в мировой теории и практике рекомендуется в последние десятилетия применять так называемую эталонную эвапотранспирацию  $ET_o$ . За эталонную поверхность принимается гипотетическая травяная поверхность с высотой трав 0,12 м, сопротивлением поверхности 70 с/м и альбедо 0,23. Эталонная поверхность близка к поверхности, покрытой зеленой хорошо увлажненной травой одинаковой высоты, активно растущей и полностью затеняющей землю. Фиксированное сопротивление поверхности 70 с/м предполагает умеренно сухую поверхность почвы из-за редких поливов.

Величина эталонной эвапотранспирации может быть рассчитана по метеоданным. Экспертная комиссия ФАО рекомендовала в 1990 г. метод Пенмана – Монтейта как единственный для определения и расчета эталонной эвапотранспирации [4]. Этот метод требует для расчета данные о радиации, температуре и влажности воздуха.

Современные расчеты эталонной эвапотранспирации основываются на уравнении Пенмана – Монтейта, а также уравнениях аэродинамики и сопротивления кроны:

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + Y \frac{900}{T + 273} I_2 (e_s - e_a)}{\Delta + Y(1 + 0,34I_2)},$$

где  $ET_o$  – эталонная эвапотранспирация, мм·сут<sup>-1</sup>;

$\Delta$  – градиент кривой давления пара, кПа·°C<sup>-1</sup>;

$R_n$  – чистая радиация на поверхности растений, МДж·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$G$  – плотность теплового потока в почве, МДж·м<sup>-2</sup>·с<sup>-1</sup>;

$Y$  – психрометрическая постоянная, кПа·°C<sup>-1</sup>;

$T$  – среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м, °C;

$I_2$  – скорость ветра на высоте 2 м, м·с<sup>-1</sup>;

$(e_s - e_a)$  – дефицит давления насыщения, кПа;

$e_s$  – давление пара насыщения, кПа;

$e_a$  – фактическое давление пара, кПа.

Это уравнение определяет эвапотранспирацию с гипотетической травяной поверхности и обеспечивает стандарт, с которым сравнивается эвапотранспирация (водопотребление) различных культур для разных периодов года и районов с другими климатическими условиями. Расчет может быть проведен как для суточных, так и для декадных и среднемесячных значений.

Расчет эвапотранспирации сельскохозяйственных культур производится по следующей зависимости:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o,$$

где  $K_c$  – коэффициент культуры;

$ET_c$  – эвапотранспирация культуры.

Коэффициент культуры рассчитывают по фазам ее развития.

Расчеты среднемесячной эвапотранспирации хлопчатника по формулам, используемым в Центрально-Азиатском регионе, и рекомендациям ФАО дают удовлетворительные совпадения для высокой степени освоения территории [влажности воздуха больше 45 % и слабой скорости ветра (менее 2 м/с)].

Для низкой влажности и скорости ветра умеренной и выше зависимости, применяемые в Среднеазиатском регионе, дают, как и следовало ожидать, заниженные результаты. Однако для расчета дренажа в принципе пригодны оба метода расчета эвапотранспирации, поскольку для оптимальных условий они дают сопоставимые результаты, за исключением низкой влажности и высокой ветровой деятельности.

**Список использованных источников**

1 Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86: утв. М-вом мелиорации и водного хозяйства СССР 30.07.86: введ. в действие с 01.01.87. – М., 1987.

2 Режим орошения и гидромодульное районирование по Узбекской ССР. – Ташкент: СоюзНИХИ, 1971.

3 Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи / В. Р. Шредер, В. Ф. Сафонов [и др.]. – Ташкент: Средазгипроводхлопок, 1970.

4 Эвапотранспирация растений. Пособие по определению требований растений на воду. – Ташкент, 2004.

УДК 626.86:575.1

**А. Рамазанов**

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**В. Г. Насонов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем при Ташкентском институте ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДРЕНАЖА – ЗАЛОГ ПОВЫШЕНИЯ  
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ**

*Рассматриваются причины снижения работоспособности открытой коллекторно-дренажной сети из-за заиления и зарастания сорной растительностью. Составляются состав, объем и стоимость ремонтно-восстановительных работ в зависимости от глубины заложения дрен. Обоснована возможность снижения эксплуатационных затрат при реализации современных принципов регулирования водно-солевого режима почв в аридной и семиаридной зоне в условиях дефицита водных ресурсов за счет внедрения в производственную практику проектирования и строительства сравнительно неглубоких горизонтальных дрен с соответствующей протяженностью транспортирующей сети.*

*Ключевые слова: дренаж, заиление, зарастание, критическая глубина грунтовых вод, водно-солевой режим почв, Фонд мелиоративного улучшения орошаемых земель, полугидроморфный режим почв, дефицит водных ресурсов.*

Дренаж сельскохозяйственных земель – система инженерных сооружений для удаления из корнеобитаемого слоя возделываемых культур почвенных грунтовых вод, токсичных водорастворимых солей, препятствующих нормальному развитию растений. Потребность в дренаже возникает на территориях с затрудненным или отсутствующим оттоком грунтовых вод, почвы которых подвержены процессам заболачивания и засоления. Горизонтальный дренаж состоит из первичных дрен (регулирующей части), собирателей и коллекторов различного порядка (проводящей части) и водоприемников. С позиции целенаправленного регулирования водного и солевого режима почв, создания благоприятных условий для растений открытый дренаж является наиболее простым сооружением. Однако из-за нестабильности поперечного сечения открытых дрен, постоянных потерь их глубины за счет заиления и зарастания влаголюбивыми растениями существенно снижается дренирующая способность. Для поддержания работоспособности дренажа необходимо периодически проводить ремонтно-восстановительные работы [1].

Многолетняя практика проведения ремонтно-восстановительных работ и наблюдение за техническим состоянием открытой коллекторно-дренажной сети показывают зависимость снижения устойчивости их поперечных сечений от геоморфологического