

Б.Р Мейманхожаев., А.Г.Ray, Е.Ф.Муханбет,  
А.Н.Калмашова\*, Э.М.Әбдібай

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы,  
Казахстан, [Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz](mailto:Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz)\*

## ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ВОДЕ

### *Аннотация*

Мир сталкивается с острой проблемой нехватки воды. В регионе Шардара (Казахстан) существующие методы орошения не учитывают реальный спрос на водные ресурсы. В настоящем исследовании была проведена оценка потребности основных сельскохозяйственных культур в воде (Crop Water Requirement, CWR), потребности в воде для орошения (Irrigation Water Requirement, IWR) и составлен график орошения с использованием модели CROPWAT на основе климатических, почвенных и агрономических данных. Результаты исследования показали, что общее количество осадков в регионе составляет 236,0 мм, из которых эффективные осадки составляют 58,2 мм. Общая потребность растений в воде достигла 1688,1 мм/декада, чистая потребность в орошении составила 1522,0 мм, а валовое орошение – 2174,3 мм, с учетом потерь при подаче воды. Чистая потребность в орошении по схеме составляет 31,9; 108,8; 293,6; 482,7; 410,8; 247,2 и 113,0 мм в месяц в апреле, мае, июне, июле, августе, сентябре и октябре соответственно. Кроме того, поток чистой схемы ирригационных требований составляет 0,11; 0,47; 1,24; 1,68; 0,94; 0,95 и 0,42 л·с/га в апреле, мае, июне, июле, августе, сентябре и октябре соответственно, CWR и IWR были выше в сухой сезон из-за высоких температур и низкой относительной влажности. Однако IWR каждой культуры был низким на начальной стадии, который увеличивался с ростом до пика на стадии полного роста. Исследование рекомендует использовать CROPWAT для точного исследования потребностей в воде для орошения. Поэтому модель планирования потребности в оросительной воде для сельскохозяйственных культур очень важна для эффективного использования воды и для удовлетворения возможных изменений климата в сельскохозяйственном секторе.

**Ключевые слова:** оптимальная потребность в воде, устойчивое водопользование, эффективное количество осадков, планирование полива, сельское хозяйство, CROPWAT.

### *Введение*

Орошаемые земли Шардаринского массива орошения расположены в Туркестанской области на левобережье р.Сырдарьи в Казахстанской части. Хлопок является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в районе Шардара, обеспечивая занятость и доход значительной части сельского населения. Производство хлопка в регионе демонстрировало положительную динамику за последние десятилетия, что обусловлено внедрением новых агротехнологий и улучшенными методами орошения. Согласно данным Министерства сельского хозяйства, общий объем производства хлопка в регионе достиг значительных показателей, обеспечивая внутренний рынок сырьем для текстильной промышленности. Среднегодовое потребление хлопка на душу населения в стране остается стабильным, что подчеркивает его экономическую значимость. Однако растущий спрос на хлопковую продукцию требует повышения эффективности его выращивания. В условиях увеличения населения и роста потребности в продовольствии и текстильном сырье, нехватка поливной воды и доступность пригодных для сельского хозяйства земель становятся ключевыми ограничивающими факторами. Орошение играет решающую роль в успешном выращивании хлопка в районе Шардара, поскольку эта культура требует значительных объемов воды в течение всего вегетационного периода [1-2].

Для повышения эффективности орошения в регионе необходимо внедрение современных методов управления водными ресурсами. Один из возможных подходов - это усовершенствование существующих ирригационных систем и применение более точных расчетов потребности культур в воде. ФАО разработала рекомендации по расчету водопотребления сельскохозяйственных культур в различных климатических условиях, что позволяет оптимизировать использование оросительной воды [3-6]. Точные полевые измерения водопотребления культур необходимы для рационального планирования водопользования и определение прогнозные методы. Эти методы требуют адаптации к специфическим климатическим и агрономическим условиям района Шардара для повышения их точности и эффективности.

В Шардаринском районе имеется районный штаб по организации и проведению весенне-полевых работ. В этом году в районе планируется посеять сельскохозяйственные культуры. А именно: озимая пшеница, яровой ячмень, рис, кукуруза зерновая, хлопок, люцерна старая, люцерна новая, кукуруза силосная, картофель, овощи, бахчевые. В этом году посевные площади увеличить объемы кормов и бахчевых культур. На сегодняшний день из запланированных осенних пахотных работ всхахано 14775 из 36617 га. Эти работы будут проводиться в теплые дни. Также по сельским округам утвержден и ведется план мероприятий по проведению очистки земель в связи с весенним севом 2025 года.

Благодаря внедрению новых технологий и улучшению ирригационных систем ожидается увеличение производства на 58% к 2050 году, однако несмотря на рост урожайности, потребуется больше воды для орошения, при этом ожидаемый дефицит воды вырастет с 10% до 30%.

В результате внедрение передовых технологий в орошении, а также более точное прогнозирование потребностей хлопка в воде позволит повысить урожайность культуры, снизить потери воды и сделать хлопководство более устойчивым к изменяющимся климатическим условиям. За последние три десятилетия было разработано множество передовых научных методов планирования орошения. Однако их внедрение среди фермеров остается низким, особенно в развивающихся странах. Основными причинами этого являются нехватка данных о почвенной влажности и погодных условиях, а также сложность методов, которые затрудняют их понимание и применение на практике. Кроме того, ученые зачастую недостаточно учитывают реальные условия, в которых работают фермеры, и их ограниченные ресурсы.

В районе Шардара ведется активная сельскохозяйственная деятельность, включающая выращивание хлопка, овощей и других культур. Хлопок является основной культурой в регионе, и экономика местных фермеров во многом зависит от его производства. Однако колебания уровня осадков и нехватка поливной воды оказывают значительное влияние на урожайность хлопка, создавая серьезные проблемы как для сельскохозяйственного сектора, так и для уровня жизни местного населения. Эти проблемы затрагивают экономику всего региона.

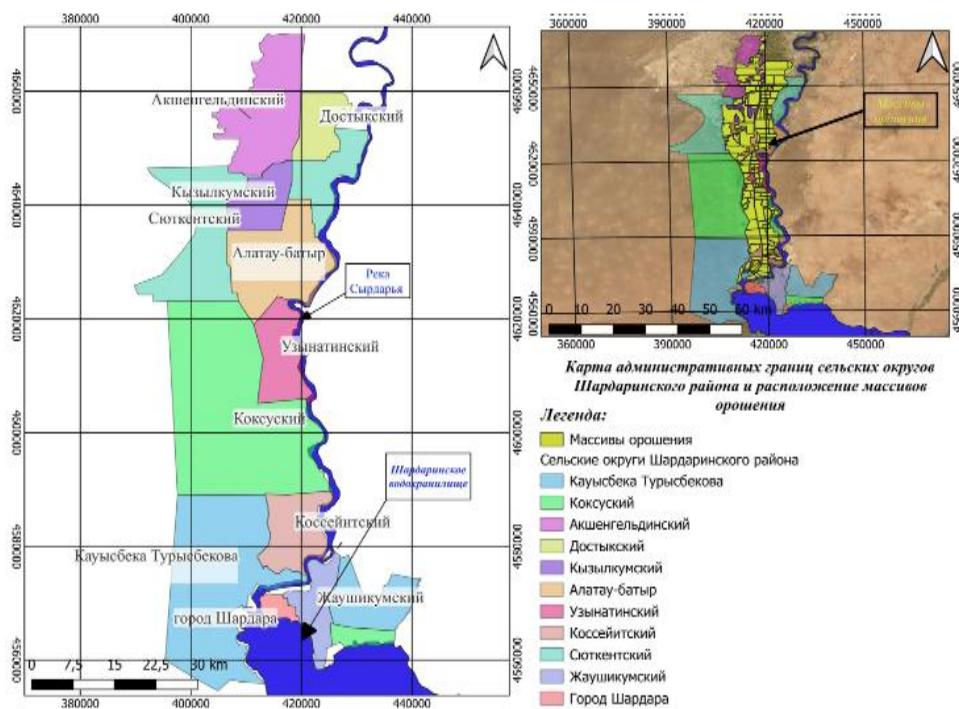
Поэтому в данном исследовании была предпринята попытка рассчитать потребность хлопка в воде в районе Шардара, используя программное обеспечение CROPWAT 8.0 (ФАО, 2009) [7]. Полученные результаты позволят разработать эффективный график орошения, который обеспечит рациональное использование воды и повысит урожайность хлопка на устойчивой основе.

#### **Материалы и методы. Место проведения исследования**

Шардаринский район Туркестанской области является одним из аграрных центров Казахстана. Здесь сформирована мощная сельскохозяйственная база, включающая растениеводство, животноводство и рыбоводство.

Район исследования (район Шардара) был основан в 1969 году и расположен на широте 41°254' с.ш. и долготе 67°969' в.д. (рисунок 1). Географически Шардара является одним из больших по величине городом Казахстана Туркестанской области с площадью около 13 000 км<sup>2</sup> и населением около 78 000 человек.

Шардаринский район Туркестанской области включает 10 сельских округов: Акшенгельдинский, Достыкский, Жаушикумский, Коксуский, Узынатинский, Сюткентский, Коссейитский, Кызылкумский, Алатау-батыр, Кауысбека Турысбекова. Каждый из которых вносит свой вклад в сельскохозяйственное производство региона. Основными культурами, выращиваемыми в районе, являются хлопок, бахчевые культуры, овощи и фрукты. По данным Департамента сельского хозяйства Туркестанской области, под посев хлопка в Шардаринском районе задействовано более 30,6 тыс. га поливных земель.



**Рисунок 1 - Карта административных границ области и сельских округов Шардаринского массива орошения**

**Выбор модели.** В этом исследовании модель CROPWAT была выбрана для расчета потребности в воде и графика орошения с/х культур в районе Шардара. CROPWAT 8.0 использовался для расчета эталонного эвапотранспирации с использованием климатических переменных, таких как максимальная и минимальная температура, солнечный час, осадки, относительная влажность и скорость ветра.

**Входные данные модели CROPWAT.** Базовыми входными данными для модели CROPWAT являются климатические параметры, необходимые для расчета эталонного эвапотранспирации. Исследователи предложили несколько методов определения эвапотранспирации, из которых метод Пенмана-Монтейта (FAO, 1998) был рекомендован как подходящий комбинированный метод для определения потребности растений в воде с использованием климатических данных, таких как температура, влажность, солнечный свет и скорость ветра [8-11].

В настоящем исследовании для определения эталонной эвапотранспирации растений (ЕТ<sub>0</sub>) использовался метод Пенмана-Монтейта (FAO, 1998), который обеспечивает показатели, хорошо согласующиеся с фактическими данными по водопотреблению растений в различных регионах мира. В качестве входных данных для модели CROPWAT были собраны и использованы вторичные данные, включающие сведения о метеостанциях (таблица 1), климатические данные (таблица 2), данные о осадках (таблица 3), показатели урожайности (таблица 4) и характеристики почв (таблица 5), что позволило провести дальнейший анализ водных потребностей сельскохозяйственных культур.

**Таблица 1** - Координаты района исследования

|         |             |
|---------|-------------|
| Страна  | Казахстан   |
| Станция | Шардара     |
| Высота  | 291,5 м     |
| Широта  | 41°15'29" N |
| Долгота | 67°58'11" E |

**Таблица 2** - Климатические данные района Шардара (средние за последние 20 лет)

| Месяц    | Максимальная температура (°C) | Минимальная температура (°C) | Средний RH (%) | Скорость ветра (км/час) | Часы солн. сияния (Часы) |
|----------|-------------------------------|------------------------------|----------------|-------------------------|--------------------------|
| Январь   | 17.4                          | -22.8                        | 96             | 2.5                     | 3.5                      |
| Февраль  | 22.5                          | -22.4                        | 93             | 3.6                     | 4.4                      |
| Март     | 27.5                          | -8.7                         | 91             | 4.2                     | 5.3                      |
| Апрель   | 35.9                          | -2.2                         | 84             | 4.3                     | 7.5                      |
| Май      | 40.0                          | 6.0                          | 68             | 4.1                     | 9.7                      |
| Июнь     | 43.6                          | 11.4                         | 48             | 3.8                     | 11.9                     |
| Июль     | 45.1                          | 15.2                         | 39             | 4.6                     | 12.4                     |
| Август   | 44.2                          | 11.8                         | 42             | 3.7                     | 11.8                     |
| Сентябрь | 38.9                          | 4.6                          | 47             | 2.7                     | 10.0                     |
| Октябрь  | 34.4                          | -4.6                         | 59             | 2.3                     | 7.3                      |
| Ноябрь   | 29.8                          | -13.8                        | 79             | 1.9                     | 4.7                      |
| Декабрь  | 19.6                          | -23.2                        | 91             | 2.1                     | 3.2                      |

**Таблица 3** - Среднемесячные значения осадков за последние 20 лет, мм

| Месяцы | I    | II   | III  | IV   | V    | VI  | VII | VIII | IX  | X    | XI   | XII  |
|--------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|
| Осадки | 30,7 | 37,3 | 44,3 | 28,2 | 18,6 | 4,8 | 1,2 | 1,2  | 1,7 | 13,4 | 32,0 | 22,6 |

\*Источник: Казгидромет

**Таблица 4** - Данные по урожаю

| Подробности           | Исх. | Этапы    |      |      | Общ. |
|-----------------------|------|----------|------|------|------|
|                       |      | Развитие | Сер. | Поз. |      |
| Кс значение           | 0.35 | -        | 1.20 | 0.7  | -    |
| Этапы (дни)           | 30   | 50       | 60   | 55   | 195  |
| Глубина корня(м)      | 0.30 | -        | -    | 1.40 | -    |
| Кри. истощение (доля) | 0.65 | -        | 0.65 | 0.90 | -    |
| Урожайность ответа    | 0.20 | 0.50     | 0.50 | 0.25 | 0.85 |

\*Источник: FAO CROPWAT 8.0, 2009.

**Таблица 5** - Данные о почве

|  |                |
|--|----------------|
| Текстура почвы                           | Песчаные почвы |
| Общая доступная влажность почвы (FC- WP) | 100 мм/м       |
| Максимальная скорость инфильтрации дождя | 30 мм/сут      |
| Максимальная глубина корня               | 150 см         |
| Пер. истощение почвенной влаги (в % ТАМ) | 0 %            |
| Начальная доступная влажность            | 100 мм/метр    |

\*Источник: FAO CROPWAT 8.0, 2009.

**Данные станции** ( Источник: <https://www.kazhydromet.kz/ru/>)

Климатические данные. Следующие многолетние метеорологические данные были собраны в метеорологическом отделе: Максимальная температура и минимальная температура (градусы Цельсия); Максимальная относительная влажность и минимальная относительная влажность (%); Скорость ветра (км/часы); Часы солнечного сияния (часы).

**Данные об осадках.** Данные о среднемесячном количестве осадков были получены из метеорологического отдела для определения эффективного количества осадков с целью расчета потребности сельскохозяйственных культур в воде и составления графика орошения.

Определение эффективного количества осадков. Во многих исследованиях водных ресурсов использовалась модель CROPWAT 8.0 для оценки ежемесячного эффективного количества осадков. Хотя программное обеспечение предлагает несколько альтернативных методов, метод, называемый «методом USDA SCS» (методом Службы охраны почв USDA), обычно использовался из-за его простоты; будучи функцией только ежемесячного количества осадков и не требуя локальной калибровки. Первоначальный метод USDA SCS оценивает ежемесячное эффективное количество осадков из валового количества осадков, водоудерживающей способности почвы и эвапотранспирации растений. Аналогичное исследование было проведено для определения потребности в воде основных культур в зоне орошения в районе Шардара в Казахстане. В этом методе эталонное эвапотранспирация растений определялось с использованием метода Пенмана - Монтейта ФАО, а эффективное количество осадков рассчитывалось с использованием метода S.C USDA. Для расчета эффективного количества осадков требуется данные о ежемесячном количестве осадков (Аллен и др., 1998 и Смит, 1991). В данном исследовании для расчета эффективного количества осадков на ежемесячной основе использовался метод SCS Министерства сельского хозяйства США, представленный в модели CROPWAT, использованием следующих критериев.

Если общее количество осадков  $TR < 250$  мм, ER эффективное количество осадков определяется по следующему уравнению;

$$ER = TR * (125 - 0,2 \cdot TR) / 125 \quad (1)$$

Когда общее количество осадков превышает  $TR > 250$  мм, ER эффективное количество осадков рассчитывается по следующей формуле:

$$ER = 125 + 0,1 \cdot TR \quad (2)$$

**Данные по урожаю.** При оценке эвапотранспирации культур, выращиваемых на больших, хорошо управляемых полях, следует учитывать тип, сорт и стадию развития культуры. Значения коэффициента культуры ( $K_c$ ) были взяты из доступных опубликованных данных и значения по умолчанию FAO CROPWAT 8.0. На основе опубликованной информации были собраны следующие данные по культурам.

**Данные о почве.** Модуль почвы является важным входным значением данных, требующим общей информации о почве, такой как общая доступная вода (TAW), максимальная скорость инфильтрации, максимальная глубина корней, начальное истощение почвенной влаги. В случае расчета потребности риса в воде необходимы дополнительные почвенные данные, включая дренируемую пористость, критическое истощение для растрескивания луж, доступность воды при посадке, максимальную глубину воды. В Шардаре преобладающей группой почв являются песчаные почвы, аналогичные, содержащие 95–98% песка без удерживающих горизонтов в своем почвенном профиле.

Песчаные почвы, преобладающие в прибрежной полосе округа Шардара, содержат очень мало питательных веществ для растений, особенно азота, и бедны другими компонентами плодородия почвы из-за ее плохой удерживающей способности. Они в значительной степени доминируют на обрабатываемой территории в этой узкой полосе вдоль реки (Heerthihah и др., 2010).

### **Результаты и обсуждение**

Таблица 6 показывает среднемесячное количество осадков и эффективное количество осадков в мм. Эффективное количество осадков было рассчитано по методу USDA в CROPWAT 8.0. Район Шардара получает около 58,2 мм эффективных осадков в год. Наибольшее значение эффективных осадков наблюдается в марте (16,6 мм), а в наиболее засушливый период (июнь –август) осадки не могут компенсировать потери влаги, что увеличивает зависимость сельского хозяйства от орошения. Поэтому есть шансы на экономию воды. Для сельскохозяйственного производства эффективные осадки определяются как та часть осадков, которая может быть реально использована растениями и сохранена в корневой зоне после потерь на сток и глубокое инфильтрование. В районе Шардара выращивание хлопка требует дополнительного орошения в середине года (с апреля по август). В сухой

период более высокий процент осадков эффективно удерживается в корневой зоне благодаря высокой водопоглощающей способности почвы, обусловленной её сухим состоянием. В сезон дождей, особенно в декабре и январе, почва часто достигает максимальной влажности, что увеличивает вероятность потерь воды за счёт поверхностного стока. Следовательно, доля эффективных осадков относительно общего количества осадков в этот период меньше, чем в сухие месяцы.

**Таблица 6 - Осадки и их эффективность, мм**

| Месяцы                | I    | II   | III  | IV   | V    | VI  | VII | VIII | IX  | X    | XI   | XII  | Общий |
|-----------------------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|------|------|-------|
| Осадки                | 30,7 | 37,3 | 44,3 | 28,2 | 18,6 | 4,8 | 1,2 | 1,2  | 1,7 | 13,4 | 32,0 | 22,6 | 236,0 |
| Эффективность осадков | 8,4  | 12,4 | 16,6 | 6,9  | 1,2  | 0,0 | 0,0 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 9,2  | 3,6  | 58,2  |

**Потребность растений в воде в сезонах.** Таблица 7 показывает потребность в воде урожаев в период от посадки до сбора урожая (с апреля по октябрь). Значение ЕТ<sub>c</sub> зафиксировано как диапазон от 2,16 до 16,26 мм/день в период с мая по июль. На начальном этапе хлопку требуется всего около 2,16 мм в день в качестве потребности в воде. Потребность в воде урожаев увеличивается с 2,16 до 15,18 мм/день в течение начального этапа до среднего этапа соответственно. Затем она увеличивается с 12,08 мм до 4,47 мм/день в течение всего периода середины сезона, когда хлопок потребляет много воды для роста и достигает максимальной высоты. Наконец, потребность в воде у хлопка снижается с 16,26 до 3,11 мм в день в конце сезона, в период созревания.

**Планирование орошения.** Орошение необходимо, когда осадков недостаточно для компенсации потерь воды за счет эвапотранспирации. В таблицах 8 и 9 показан расчет чистой потребности в орошении, валовой потребности в орошении и расхода оросительной воды для планирования орошения от даты посадки до даты сбора урожая в течение сезона. Согласно графику орошения, выполненному CROPWAT, валовая потребность в орошении составляет 2174,4 мм, а чистая потребность в орошении - 1522,0 мм.

**Таблица 7 - Потребность растений в воде в вегетационном сезоне**

| Месяц | Декада | Этап | K <sub>c</sub><br>коэффициент<br>урожая | ET <sub>c</sub> мм/сут | ET <sub>c</sub><br>мм/дек | Эфф.дождь<br>мм/декада | Требования к<br>орошению мм/дек |
|-------|--------|------|---|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Апр   | 2      | Нач  | 0.35                                    | 2.16                   | 10.8                      | 1.1                    | 9.7                             |
| Апр   | 3      | Нач  | 0.35                                    | 2.37                   | 23.7                      | 1.6                    | 22.1                            |
| Май   | 1      | Нач  | 0.35                                    | 2.58                   | 25.8                      | 0.9                    | 24.9                            |
| Май   | 2      | Раз  | 0.38                                    | 3.02                   | 30.2                      | 0.2                    | 30.0                            |
| Май   | 3      | Раз  | 0.57                                    | 4.91                   | 54.0                      | 0.1                    | 53.9                            |
| Июн   | 1      | Раз  | 0.78                                    | 7.24                   | 72.4                      | 0.1                    | 72.3                            |
| Июн   | 2      | Раз  | 0.98                                    | 9.74                   | 97.4                      | 0.0                    | 97.4                            |
| Июн   | 3      | Раз  | 1.18                                    | 12.40                  | 124.0                     | 0.0                    | 124.0                           |
| Июл   | 1      | Сер  | 1.34                                    | 15.18                  | 151.8                     | 0.0                    | 151.8                           |
| Июл   | 2      | Сер  | 1.35                                    | 16.26                  | 162.6                     | 0.0                    | 162.6                           |
| Июл   | 3      | Сер  | 1.35                                    | 15.30                  | 168.4                     | 0.0                    | 168.4                           |
| Авг   | 1      | Сер  | 1.35                                    | 14.26                  | 142.6                     | 0.0                    | 142.6                           |
| Авг   | 2      | Сер  | 1.35                                    | 13.53                  | 135.3                     | 0.0                    | 135.3                           |
| Авг   | 3      | Сер  | 1.35                                    | 12.08                  | 132.9                     | 0.0                    | 132.9                           |
| Сен   | 1      | Кон  | 1.31                                    | 10.18                  | 101.8                     | 0.0                    | 101.8                           |
| Сен   | 2      | Кон  | 1.20                                    | 8.03                   | 80.3                      | 0.0                    | 80.3                            |
| Сен   | 3      | Кон  | 1.08                                    | 6.51                   | 65.1                      | 0.0                    | 65.1                            |
| Окт   | 1      | Кон  | 0.97                                    | 5.19                   | 51.9                      | 0.0                    | 51.9                            |
| Окт   | 2      | Кон  | 0.86                                    | 3.95                   | 39.5                      | 0.0                    | 39.5                            |
| Окт   | 3      | Кон  | 0.76                                    | 3.11                   | 21.8                      | 0.1                    | 21.6                            |
|       |        |      |   |                        | 1692.2                    | 4.1                    | 1688.1                          |

**Таблица 8 - Краткое описание графика орошения в вегетационном сезоне**

|   |          |                                    |           |
|---|----------|------------------------------------|-----------|
| Общий валовой объем орошения              | 2174,4мм | Общее количество осадков           | 53,8 мм   |
| Общее чистое орошение                     | 1522,0мм | Эффективное количество осадков     | 51,0 мм   |
| Общие потери при орошении                 | 0,0 мм   | Общие потери от дождя              | 2,9 мм    |
| Фактическое потребление воды по культурам | 1689,1мм | Дефицит влаги при сборе урожая     | 116,1 мм  |
| Потенциальное потребление воды культурой  | 1689,1мм | Фактическая потребность в орошении | 1638,2 мм |
| Эффективный график орошения               | 100%     | Эффективность дождя                | 94,60%    |
| График дефицитного орошения               | 0%       |                                    |           |

**Таблица 9 – График полива в вегетационном сезоне**

| Дата    | День | Этап | Осадки мм | K <sub>s</sub> доля | Истощение % | Ор.нетто мм | Ор.брт мм | Сток л/с/га |
|---------|------|------|-----------|---------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| 10-май  | 25   | Нач  | 0         | 1                   | 66          | 42,6        | 60,8      | 0,28        |
| 28-май  | 43   | Нач  | 0         | 1                   | 66          | 58,4        | 83,5      | 0,54        |
| 8-июнь  | 54   | Нач  | 0         | 1                   | 67          | 69,8        | 99,7      | 1,05        |
| 17-июнь | 63   | Раз  | 0,6       | 1                   | 70          | 81,5        | 116,5     | 1,50        |
| 25-июнь | 71   | Раз  | 0         | 1                   | 71          | 90,8        | 129,7     | 1,88        |
| 2-июль  | 78   | Раз  | 0         | 1                   | 67          | 91,9        | 131,3     | 2,17        |
| 9-июль  | 85   | Раз  | 0         | 1                   | 76          | 105,9       | 151,3     | 2,50        |
| 15-июль | 91   | Сер  | 0         | 1                   | 69          | 96,4        | 137,7     | 2,66        |
| 21-июль | 29   | Сер  | 0         | 1                   | 69          | 96,5        | 137,8     | 2,66        |
| 27-июль | 32   | Сер  | 0,1       | 1                   | 65          | 91,5        | 130,8     | 2,52        |
| 3-авг   | 35   | Сер  | 0,2       | 1                   | 74          | 103,8       | 148,3     | 2,45        |
| 10-авг  | 39   | Сер  | 0         | 1                   | 71          | 99,6        | 142,3     | 2,35        |
| 17-авг  | 42   | Сер  | 0,2       | 1                   | 67          | 94,3        | 134,7     | 2,23        |
| 25-авг  | 45   | Сер  | 0         | 1                   | 72          | 100,8       | 144,0     | 2,08        |
| 2-сен   | 49   | Кон  | 0         | 1                   | 66          | 92,6        | 132,4     | 1,91        |
| 12-сен  | 52   | Кон  | 0         | 1                   | 70          | 97,4        | 139,2     | 1,61        |
| 27-сен  | 55   | Кон  | 0,8       | 1                   | 77          | 108,2       | 154,6     | 1,19        |
| 27-окт  | 59   | Кон  | 0         | 1                   | 83          |             |           |             |

**Таблица 10 - Схема орошения в вегетационном сезоне**

| Дефицит осадков                       | Янв | Фев | Мар | Апр  | Май   | Июн   | Июл    | Авг   | Сен   | Окт   | Ноя | Дек |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-----|-----|
| 1. Хлопок                             | 0   | 0   | 0   | 31,9 | 108,8 | 293,6 | 482,7  | 410,8 | 247,2 | 113,0 | 0   | 0   |
| 2. Яровая пшеница                     | 0   | 0   | 0   | 26,9 | 111,7 | 356,2 | 453,1  | 156,6 | 0     | 0     | 0   | 0   |
| 3. Ячмень                             | 0   | 0   | 0   | 26,9 | 228,9 | 383,5 | 401,9  | 62,3  | 0     | 0     | 0   | 0   |
| 4. Овощи                              | 0   | 0   | 0   | 0    | 93,9  | 260,9 | 409,2  | 205,2 | 0     | 0     | 0   | 0   |
| Треб. схемы на орош. нетто в мм/сут   | 0   | 0   | 0   | 0,8  | 4,0   | 10,7  | 14,5   | 8,1   | 3,3   | 1,5   | 0   | 0   |
| в мм/месяц                            | 0   | 0   | 0   | 24,9 | 125,5 | 321,0 | 450,77 | 251,4 | 98,9  | 45,2  | 0   | 0   |
| в л/с/га                              | 0   | 0   | 0   | 0,10 | 0,47  | 1,24  | 1,69   | 0,94  | 0,38  | 0,17  | 0   | 0   |
| Орошааемая площадь                    | 0   | 0   | 0   | 85   | 100   | 100   | 100    | 100   | 40    | 40    | 0   | 0   |
| Треб. на ор. для факт. площ. (л/с/га) | 0   | 0   | 0   | 0,11 | 0,47  | 1,24  | 1,68   | 0,94  | 0,95  | 0,42  | 0   | 0   |

**Таблица 11** - Сводка потребности сельскохозяйственных культур в воде в дормантном сезоном.

| Месяц   | ETс (мм) | Эфф.дождь (мм) |
|---------|----------|----------------|
| Ноябрь  | 32.0     | 9.2            |
| Декабрь | 22.6     | 3.6            |
| Январь  | 30.7     | 8.4            |
| Февраль | 37.3     | 12.4           |
| Март    | 44.3     | 16.6           |
| Общий   | 166.9    | 50.2           |

**Таблица 12** - Сводка потребности растений в воде в вегетационном сезоне

| Месяц    | ETс<br>(мм) | Эфф.дождь<br>(мм) | Пот. в орошении<br>(мм) |
|----------|-------------|-------------------|-------------------------|
| Апрель   | 28.2        | 6.9               | 24.9                    |
| Май      | 18.6        | 1.2               | 125.5                   |
| Июнь     | 4.8         | 0.0               | 321.0                   |
| Июль     | 1.2         | 0.0               | 450.7                   |
| Август   | 1.2         | 0.0               | 251.4                   |
| Сентябрь | 1.7         | 0.0               | 98.9                    |
| Октябрь  | 13.4        | 0.0               | 45.2                    |
| Общий    | 69.1        | 8.1               | 1317.6                  |

**Схема орошения в вегетационном сезоне.** Таблица 10 показывает расчет схемы орошения для выращивания хлопка в вегетационном сезоне. Схема орошения включает дефицит осадков, чистую потребность в орошении по схеме, орошаемую площадь и потребность в орошении для фактической площади. Чистая потребность в орошении по схеме составляет 24.9, 125.5, 321.0, 450.7, 251.4, 98.9 и 45.2 мм в месяц в апреле, мае, июне, июле, августе, сентябре и октябре соответственно. Расход чистой потребности в орошении по схеме составляет 0.11, 0.47, 1.24, 1.68, 0.94, 0.95 и 0.42 л/с/га в апреле, мае, июне, июле, августе, сентябре и октябре соответственно.

Сравнение потребности растений в воде в сезоны вегетационным и дормантным. Согласно проанализированным данным, Эффективное количество осадков составляет 50.2 мм/декаду в вегетационный сезон и 8,1 мм/декаду в дормантный сезон, а общая потребность в воде для сельскохозяйственных культур составляет 1317,6 мм/дек в сезоны вегетационным и дормантным соответственно сезонах. Согласно расчетам ETс и эффективного количества осадков, потребность в орошении в сезоне составляет 8,1 мм для завершения производства хлопка. Эти данные показывают, что в сезоне (сухой сезон) потребность в воде для сельскохозяйственных культур выше, чем в дормантном сезоне (сезон осадков), также сообщила, что сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в сухой сезон, нуждаются в большем количестве воды.

### **Заключение**

Настоящее исследование позволило детально оценить потребность сельскохозяйственных культур в воде и определить оптимальные параметры орошения в Шардаринском массиве. Анализ данных, полученных с помощью модели CROPWAT 8.0, показал, что в условиях засушливого климата потребность в орошении значительно возрастает в летние месяцы (июнь–август), когда испарение достигает максимальных значений, а количество осадков минимально. Общий водный баланс показал: эффективные осадки составляют 58,2 мм, что лишь частично покрывает потребности растений; общая потребность в воде (ETс) достигает 1688,1 мм/декада, что подтверждает высокую зависимость культур от ирригации; чистая потребность в орошении (IWR) составляет 1522,0 мм, что указывает на значительный дефицит влаги. Валовая потребность в орошении (GIR) составляет 2174,3 мм, учитывая потери воды при подаче.

Использование CROPWAT позволяет более точно рассчитывать объем и частоту полива, что снижает избыточное потребление воды. Внедрение технологий точного земледелия, таких как датчики влажности почвы и капельное орошение, позволит повысить КПД системы и сократить потери воды. В критические месяцы (июнь, июль, август) необходимо увеличивать подачу воды, чтобы избежать стрессовых условий для культур. В менее засушливые периоды (апрель, сентябрь, октябрь) можно сократить объем орошения без ущерба для урожайности.

Таким образом, использование CROPWAT и других моделей управления водными ресурсами является важным инструментом для повышения эффективности сельскохозяйственного водопользования. Рациональное орошение позволит не только сократить потери воды, но и повысить урожайность, что особенно актуально для таких засушливых регионов, как Шардаринский массив. Будущее сельского хозяйства региона зависит от внедрения инновационных методов водопользования, которые позволят сбалансировать спрос и доступные водные ресурсы в условиях изменяющегося климата.

### Список литературы

1. Ayana Dyuisenkhan, Yermekkul Zhaparkulova, Issakov Yerlan, Mirobit Mirdadayev, Ainura Aldiyarova, Yerbolat Kaipbayev, Ainur Kalmashova, Kairat Zhoya, Zhu Kai, David Lorant Denes The possibility of using groundwater and collector-drainage water to increase water availability in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan. Agricultural Water Management 301 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108934>
2. Д.А. Сыдық, Ш.С. Қосқараева, Р.Н. Еркуатов, Н.Ж. Алипбеков, А.Т. Қазыбаева, Қ.Ж. Құланбай Түркістан облысында суармалы жерлерді тиімді пайдалану бағыты. Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. №1 (105) 2025 – Б.469-480 <https://doi.org/10.37884/1-2025/50>
3. FAO. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper № 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. URL: <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm>
4. FAO. *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Training Manual No. 3). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991. 150 p. URL: <https://www.fao.org/4/s2022e/s2022e00.htm>
5. FAO. *CROPWAT – Crop Water and Irrigation Requirements Program*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/ar/>
6. Clarke, Derek & Smith, Martin & El-Askari, Khaled. (2000). CropWat for Windows : User guide.
7. FAO. (2009). *CROPWAT 8.0 for Windows: User Guide*. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН.
8. Iacuzzi, N., Tortorici, N., Mosca, C., Bondì, C., Sarno, M., & Tuttolomondo, T. (2025). Crop Water Requirement Estimated with Data-Driven Models Improves the Reliability of CROPWAT 8.0 and the Water Footprint of Processing Tomato Grown in a Hot-Arid Environment. *Agronomy*, 15(7), 1533. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071533>
9. Gangwar, Anshu & Singh, Rajkumar & Singh, Ashutosh. (2017). Estimation of Crop Water Requirement Using CROPWAT 8.0 Model For Bina Command, Madhya Pradesh. *Indian Journal of Ecology*. 44. 71-76.
10. K. Praveen, Rahul Ray, Lal Bahadur Roy, Deepak Kumar Tiwari; Assessment of irrigation water management using FAO-CROPWAT 8 in the Paliganj distributary of the Sone irrigation scheme in Bihar: a case study. *Journal of Water and Climate Change* 1 January 2025; 16 (1): 34–50. doi: <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.142>
11. Solangi, G. S., Shah, S. A., Alharbi, R. S., Panhwar, S., Keerio, H. A., Kim, T.-W., Memon, J. A., & Bughio, A. D. (2022). Investigation of Irrigation Water Requirements for Major Crops Using CROPWAT Model Based on Climate Data. *Water*, 14(16), 2578. <https://doi.org/10.3390/w14162578>

### References

1. Ayana Dyuisenkhan, Yermekkul Zhaparkulova, Issakov Yerlan, Mirobit Mirdadayev, Ainura Aldiyarova, Yerbolat Kaipbayev, Ainur Kalmashova, Kairat Zhoya, Zhu Kai, David Lorant Denes The possibility of using groundwater and collector-drainage water to increase water availability in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan. Agricultural Water Management 301 (2024) <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108934>
2. D.A. Sydyk, Sh.S. Koskaraeva, R.N. Erkuatov, N.Zh. Alipbekov, A.T. Kazybaeva, K.Zh. Kyylanbay Tyrkistan oblysynda suarmaly zherlerdi tiimdi pajdalau бағыты. Izdenister, нәтижелер – Issledovaniya, rezul'taty. №1 (105) 2025 – B.469-480 <https://doi.org/10.37884/1-2025/50>
3. FAO. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper № 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. URL: <http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm>
4. FAO. *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Training Manual No. 3). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991. 150 p. URL: <https://www.fao.org/4/s2022e/s2022e00.htm>
5. FAO. *CROPWAT – Crop Water and Irrigation Requirements Program*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/ar/>
6. Clarke, Derek & Smith, Martin & El-Askari, Khaled. (2000). CropWat for Windows : User guide.
7. FAO. (2009). *CROPWAT 8.0 for Windows: User Guide*. Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН.
8. Iacuzzi, N., Tortorici, N., Mosca, C., Bondi, C., Sarno, M., & Tuttolomondo, T. (2025). Crop Water Requirement Estimated with Data-Driven Models Improves the Reliability of CROPWAT 8.0 and the Water Footprint of Processing Tomato Grown in a Hot-Arid Environment. *Agronomy*, 15(7), 1533. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071533>
9. Gangwar, Anshu & Singh, Rajkumar & Singh, Ashutosh. (2017). Estimation of Crop Water Requirement Using CROPWAT 8.0 Model For Bina Command, Madhya Pradesh. *Indian Journal of Ecology*. 44. 71-76.
10. K. Praveen, Rahul Ray, Lal Bahadur Roy, Deepak Kumar Tiwari; Assessment of irrigation water management using FAO-CROPWAT 8 in the Paliganj distributary of the Sone irrigation scheme in Bihar: a case study. *Journal of Water and Climate Change* 1 January 2025; 16 (1): 34–50. doi: <https://doi.org/10.2166/wcc.2024.142>
11. Solangi, G. S., Shah, S. A., Alharbi, R. S., Panhwar, S., Keerio, H. A., Kim, T.-W., Memon, J. A., & Bughio, A. D. (2022). Investigation of Irrigation Water Requirements for Major Crops Using CROPWAT Model Based on Climate Data. *Water*, 14(16), 2578. <https://doi.org/10.3390/w14162578>

**Б.Р.Мейманхожаев, А.Г.Рай, Е.Ф.Муханбет,**  
**А.Н.Калмашова\*, Э.М.Әбдібай**

Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,  
Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz\*

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ СУҒА ҚАЖЕТТІЛІГІН  
БАҒАЛАУ**

#### *Аңдамта*

Әлем су тапшылышының өткір проблемасына тап болуда. Шардарда (Қазақстан) аймағында қолданыстағы суару әдістері су ресурстарына нақты сұранысты ескермейді. Бұл зерттеуде негізгі дақылдардың суға деген қажеттілігін (Crop Water Requirement, CWR), суару сүйнің қажеттілігін (Irrigation Water Requirement, IWR) бағаланған және климаттық, топырақ және агрономиялық деректерге негізделген CROPWAT үлгісін пайдалана отырып, суару кестесін жасалды. Зерттеу нәтижелері аймақтағы жауын-шашынның жалпы мөлшері 236,0 мм, оның ішінде тиімді жауын-шашын 58,2 мм екенін көрсетті. Өсімдіктердің суға деген жалпы қажеттілігі 1688,1 мм/онкүндікке жетті, суарудың таза қажеттілігі 1522,0 мм, ал жалпы суару

2174,3 мм болды, сүмен қамтамасыз ету шығындары ескерілді. Сұлба бойынша суарудың таза қажеттілігі 31,9; 108,8; 293,6; 482,7; 410,8; 247,2 сәйкесінше сөүір, мамыр, маусым, шілде, тамыз, қыркүйек және қазан айларында айына 113,0 мм құрады. Сонымен қатар, суару талаптарының таза схемасының ағыны 0,11; 0,47; 1,24; 1,68; 0,94; 0,95 сәүір, мамыр, маусым, шілде, тамыз, қыркүйек және қазан айларында CWR және IWR жоғары температура мен төмен салыстырмалы ылғалдылыққа байланысты құрғақ маусымда жоғары болды. Алайда, әр дақылдың IWR бастапқы сатысында төмен болды, тек қана толық өсу кезеңінде шынына дейін өсті. Зерттеу суару су қажеттіліктерін дәл зерттеу үшін CROPWAT пайдалануды ұсынады. Сондықтан дақылдарға суару сүйна қажеттілікті жоспарлау моделі суды тиімді пайдалану үшін және ауыл шаруашылығы секторындағы климаттың ықтимал өзгерістерін қанағаттандыру үшін өте маңызды.

**Kітт сөздер:** суға деген оңтайлы қажеттілік, тұрақты су пайдалану, жауын-шашынның тиімді мөлшері, суаруды жоспарлау, ауыл шаруашылығы, CROPWAT.

**B.R.Meimankhozhayev, A.G. Rau, Y.G.Mukhanbet,**

**A.N.Kalmashova\*, A.M.Abdibay**

*Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,*

*Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz\**

## ASSESSMENT OF THE WATER REQUIREMENTS OF AGRICULTURAL CROPS

### *Abstract*

The world is facing an acute water shortage problem. In the Shardara region (Kazakhstan), existing irrigation methods do not take into account the actual demand for water resources. This study assessed the crop water requirement (CWR) and irrigation water requirement (IWR) for major crops and developed an irrigation schedule using the CROPWAT model based on climatic, soil, and agronomic data. The results of the study showed that the total precipitation in the region is 236,0 mm, of which effective precipitation is 58,2 mm. The total water requirement of plants reached 1688,1 mm/decade, the net irrigation requirement was 1522,0 mm, and gross irrigation was 2174,3 mm, taking into account losses during water supply. The net irrigation requirement according to the scheme is 31,9; 108,8; 293,6; 482,7; 410,8; 247,2 and 113,0 mm per month in April, May, June, July, August, September and October, respectively. In addition, the net flow of irrigation requirements is 0,11; 0,47; 1,24; 1,68; 0,94; 0,95, and 0,42 l·s/ha in April, May, June, July, August, September, and October, respectively. CWR and IWR were higher in the dry season due to high temperatures and low relative humidity. However, the IWR of each crop was low in the initial stage, which increased with growth to a peak at the full growth stage. The study recommends using CROPWAT to accurately assess irrigation water requirements. Therefore, a model for planning irrigation water requirements for agricultural crops is very important for the efficient use of water and for responding to possible climate change in the agricultural sector.

**Keywords:** optimal water demand, sustainable water use, effective precipitation, irrigation planning, agriculture, CROPWAT.

**Вклад авторов:** Курирование данных – РАГ, МБР; Формальный анализ – КАН, ӘӘМ; Методология - МБР, МЕҒ; Программное обеспечение - МБР, МЕҒ; Визуализация - МБР, МЕҒ; Написание – обзор и редактирование - КАН, ӘӘМ.