

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ CROPWAT-8 ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЭКОНОМИЮ  
ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ, НА СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ,  
РАСХОДУЕМОЙ НАСОСНЫМИ СТАНЦИЯМИ И СНИЖЕНИЕ  
ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В РЕСПУБЛИКЕ  
КАРАКАЛПАКСТАН, РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

*Джумабоев К.М., Юлдашев Т.У.*

*Центрально-Азиатский офис Международного института  
управления водными ресурсами (ИВМИ), г. Ташкент, Узбекистан*

**Аннотация.** В данной статье применяется количественный метод учета для оценки интенсивности использования воды и энергии на орошаемых территориях Республики Каракалпакстан в Центральной Азии, где подача воды осуществляется водоподъемными насосными станциями. Результаты показали, что потенциальная экономия воды и энергии может быть достигнута путем применения оптимального планирования орошения с использованием компьютерной модели “CROPWAT-8”. Около 258 миллиона кубических метров воды и 27 Гигаватт электроэнергии могут быть сэкономлены, а выбросы углекислого газа могут быть сокращены почти на 12,9 килотонн. В этой статье описывается пример оптимального планирования режима орошения, как инструмента экономии воды и энергии и, как следствие, снижения затрат на водоподъем насосными станциями.

**Ключевые слова:** водопользование; машинное орошение; использование энергии; планирование режима орошения; CROPWAT-8, расходы на водоподъем; Каракалпакстан; Узбекистан

**Введение.** Проблема воды в Средней Азии из года в год жесткая. В зависимости от водности рек и имея в виду пропуск части стока их для сброса в катастрофически высохшее Аральское море, хотя бы для стабилизации современного его состояния жестко лимитируются водозаборы из рек. В этих водохозяйственных условиях большее значение имеет определение биологически оптимальных оросительных норм сельскохозяйственных культур.

Несмотря на то, что имеются нормативные документы по режиму орошения сельскохозяйственных культур (НПО “Хлопок” 1992 [3], Средазгипроводхлопок 1970 [4], технологическая карта НПО “Зерно”), по которым составляются планы оперативного водопользования, но ни одна из этих методик не позволяет обосновать оптимальную оросительную норму сельскохозяйственных

культур с учетом изменчивости метеоусловий, техники полива, плодородия и урожайности земель.

В условиях орошаемого земледелия наибольший интерес представляют не просто осреднённые данные о режиме орошения с каких-либо территорий, подсчитанные на основе суммарного испарения [5], определенного по среднеголетним метеорологическим параметрам, которые из года в год меняются, а режим орошения на основе величины суммарного испарения с конкретных сельскохозяйственных угодий культур, с учетом изменчивости метеорологических параметров, урожайности сельскохозяйственных культур как основа проектирования режима орошения [6, 7, 8, 9]. Чтобы восполнить этот пробел, в настоящей статье применяется метод, основанный на так называемом подходе Пенмана-Монтейта

[2], который после экспертизы, проведенной в мае 1990 года рекомендуется ФАО для использования для различных культур и климатических условий мира для оценки режима орошения основных сельскохозяйственных культур. в настоящей статье применяется метод подход Пенмана-Монтейта, с использованием компьютерной программы CROPWAT-8 для расчета режима орошения (хлопчатника и риса) для наиболее широко распространенных гидромодульных районов V (2-3 м) и VIII (глубина грунтовых вод 1-2 м) в Республике Каракалпакстан.

До сих пор в Центральной Азии недостаточно изучен подход «нексуса» в контексте взаимосвязи между энергией, водой и продовольствием (сельского хозяйства) [1]. В основном исследования по данной тематике проводились с целью изучению оптимальной высоты подъема насосных станций в качестве основного критерия для определения эффективности насосных станций для оросительных систем [11]. Чтобы восполнить этот пробел, в настоящей статье применяется интегрированный подход нексуса для оценки интенсивности использования воды и энергии, а также затрат, связанных с машинным подъемом воды, в Республике Каракалпакстан, Республики Узбекистан.

## Цели исследования

Целями этих исследований являются количественная оценка режима орошения основных сельскохозяйственных культур – хлопчатника, пшеницы и риса для оценки выгод от применения методики ФАО в почвенно-климатических условиях Узбекистана для исследования связей между водой, энергией и продовольствием посредством машинного орошения.

## Методология исследования

В данной статье объектом исследования является Республика Каракалпакстан, суверенная республика в составе Республики Узбекистан, расположенная в нижнем течении реки Амударьи. Климат исследуемой территории континентальный, характеризующийся значительными сезонными и суточными колебаниями температуры, относительной влажности воздуха и других метеорологических параметров (рис. 1). Годовое количество осадков колеблется от 60 до 180 мм, а 89% осадков приходится на октябрь-май (рис. 1). Многолетняя среднегодовая температура воздуха составляет 12°C, максимальная температура воздуха (+36,0°C) наблюдается в июле, а минимальная температура воздуха в январе (-8,8°C). Продолжительность заморозков колеблется от 90 до 110 дней.

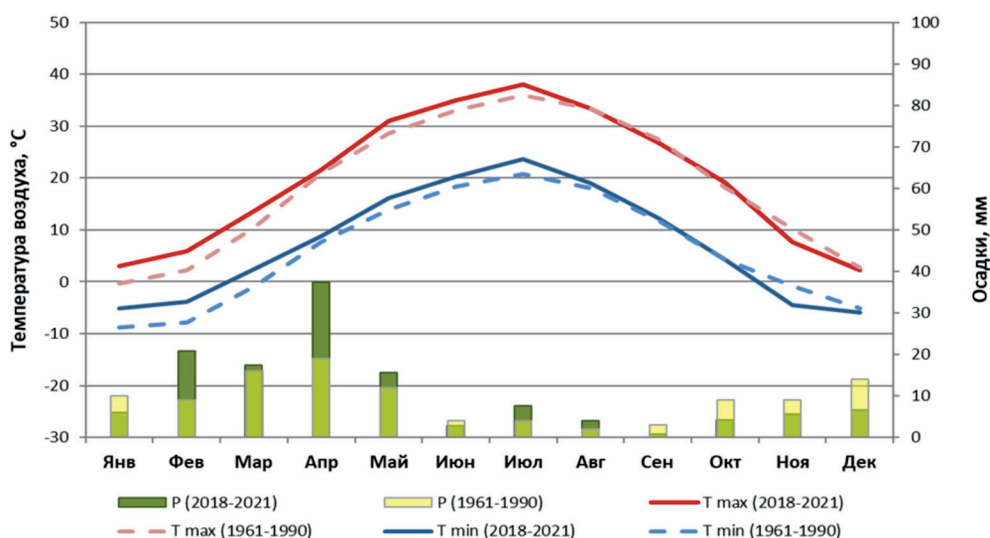


Рисунок 1. Месячные суммы осадков и средние максимальные и минимальные температуры воздуха, осредненные за 2018-2021 гг. в сравнении со средними многолетними данными наблюдений (метеостанция Нукус, Каракалпакстан).

Хлопчатник является основной технической культурой, которая требует интенсивного орошения. Другие культуры (рис, зерновые, картофель и овощи) выращиваются на орошаемых землях, а также развито садоводство и виноградарство.

Согласно данным Агентства по кадастру при Государственном налоговом комитете Республики Узбекистан по плану размещения сельскохозяйственных культур на 2016 год<sup>1</sup>, около 39% обрабатываемых земель в Каракалпакстане отводится под хлопок, 27% под пшеницу, 12% под рис, 6% под сады (куда входят различные фруктовые деревья, виноградники и тутовники), около 4% под бахчевые, а остальная часть - под овощи (5%). Ежегодно Республика Каракалпакстан получает в среднем 7,9 млн. м<sup>3</sup> воды из реки Амударья<sup>2</sup>. Наибольшая часть объема полученной воды приходится на Амударьинский (12,2%), Берунийский (9,2%), Кегейлийский (9,2%) и Чимбайский (9,5%) районы. Основным источником воды для орошения является река Амударья. Площадь орошаемых земель, орошаемых насосными станциями в Республике Каракалпакстан, составляет 65% [10].

Водообеспеченность региона Республики Каракалпакстан является самой низкой в республике (60-70%), что обусловлено не только ограниченностью водных ресурсов, но также их неэффективным использованием. До растений доходит только 30% забранной на границах региона воды, а остальная ее часть теряется в оросительной сети (40%) и при поливе (30%). По данным Левобережноамударьинского бассейнового управления ирригационных систем, средние оросительные нормы хлопчатника составляют 5000 - 6500 м<sup>3</sup>/га, риса 30000-40000 м<sup>3</sup>/га, в то время как пшеница потребляет меньше оросительной воды (5000-6500 м<sup>3</sup>/га) в течение вегетационного периода.

Для расчета потребного объема водопотребления сельскохозяйственных культур

<sup>1</sup> <http://kadastr.uz/uz/yer-hisobi-yo'nalishi#>

<sup>2</sup> <https://review.uz/post/klimaticheskij-kontekst-strategicheskix-resheniy-2>

была использована компьютерная модель расчета водного баланса почвы CROPWAT-8 [12]. Входные данные для модели были получены из базы данных Левобережноамударьинского бассейнового управления ирригационных систем за 2018-2021 годах. Водно-физические свойства почвы (механический состав, ППВ и т.д.) были взяты из Атласа почвы, подготовленного командой ГИС ИВМИ.

Суточные климатические данные (относительная влажность воздуха, минимальная и максимальная температура, скорость ветра, солнечное сияние и осадки) были получены со станции Нукус за 2018-2021 годы.

Эвапотранспирация культуры (ЕТс), суммарное водопотребление, относится к воде, утраченной в атмосферу из почвы в процессе испарения из оголенной поверхности почвы и от растений во время транспирации. ЕТс рассчитывалось с использованием подхода коэффициента культуры (Кс), указанного в [2]:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

Где  $K_c$  - коэффициент культуры, на который влияют этапы роста растений и характеристики культуры, а  $ET_0$  - эталонная эвапотранспирация. Суточные данные по ЕТс и осадкам для Республики Каракалпакстан на 2018-2021 годы были использованы для расчета суммарного водопотребления культуры. Коэффициенты культуры по всем культурам принимались по методике ФАО-56 [2] с учетом подпитывания из уровня грунтовых вод.

Суммарное водопотребление культур определялось, используя следующее уравнение [13]:

$$CWR_i = \sum_{t=0}^T (K_{ci} \times ET_0 - P_{eff}) \text{ мм}, \quad (2)$$

Где  $K_{ci}$  - коэффициент культуры определенной культуры  $i$  при определенной стадии развития культуры  $t$  и где  $T$  последняя стадия развития.  $ET_0$  = эталонная эвапотранспирация культуры (мм/сут) и определяется как:

$$ET_0 = \frac{0.408 \times \Delta(R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T+273} \times U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34 \times U_2)}, \text{ мм/сут (3)}$$

Где  $G$  - плотность теплового потока почвы [МДж/м<sup>2</sup>/сут],  $R_n$  - радиация нетто [МДж/м<sup>2</sup>/сут],  $T$  - среднесуточная температура воздуха на высоте 2 м [°C],  $U_2$  - средняя скорость ветра на высоте 2 м [м/с],  $e_a$  - фактическое давление паров [кПа],  $e_s$  - давление насыщенного пара (кПа),  $[e_s - e_a]$  - давление паров насыщенного пара (кПа),  $\Delta$  - наклон кривой давления пара [кПа/°C],  $\gamma$  - психрометрическая постоянная [кПа/°C].

$P_{eff}$  – количество эффективных осадков, которая была подсчитана по эмпирической формуле Министерства сельского хозяйства США использовалась для оценки доли эффективных осадков ( $P_{eff}$ ), доступных для каждого типа культур [20]. Вода, перехваченная растениями или потерянная как сток, была исключена из общего количества осадков  $P_i$ .

$$P_{eff} = \left(\frac{P_i}{125}\right) \times (125 - 0.2 \times P_i), \text{ для } P_i \leq 250 \text{ (мм)}, \quad (4)$$

$$P_{eff} = 125 + 0.1 \times P_i, \text{ для } P_i \geq 250 \text{ (мм)}, \quad (5)$$

Ежегодные нормы водопотребления сельскохозяйственных культур (м<sup>3</sup>/га) “брутто” были рассчитаны для каждого типа культур на 2018-2021 годы, затем с учетом площадей посева по всем культурам (га), определялись суммарные затраты оросительной воды по сельскохозяйственным культурам (м<sup>3</sup>) в среднем за один год по Республике Каракалпакстан. КПД техники полива принималось 60-65% для метода бороздового орошения [15], который используется примерно на 95% территории в Республике Каракалпакстан.

В этом исследовании электрическая энергия использовалась для управления насосами, которые поднимают воду из реки Амударья. Как правило, требуется 2,73 кВт·ч электроэнергии для подъема 1000 м<sup>3</sup> воды на высоту 1 м при 100% эффективности, которая игнорирует потери на трение [17]. Удельный расход электроэнергии [21], может быть выражен как:

$$E_c = \frac{2.73 \times D \times V}{OPE \times (1 - T1) \times 1000}, \text{ KWh (6)}$$

Где:  $E_c$  потребляемое электричество (кВт·ч),  $V$  - объем воды (м<sup>3</sup>),  $D$  - высота подъема (м),  $OPE$  означает общую эффек-

тивность или КПД насосной станции (%),  $T1$  - потери электроэнергии при распределении и передаче воды. Предполагается, что в Узбекистане электрические насосы имеют средний КПД 60% (данные Левобережно-амударьинского бассейнового управления ирригационных систем). Средние потери электроэнергии при передаче электроэнергии в Узбекистане составляют 20% [14]. В этом исследовании мы использовали текущее распределение орошаемой площади по высоте водоподъема для хлопка и риса и предположили конечную точку в качестве высоты подъема (т. е. 25 метров).

### Результаты и обсуждения

Водоподача, потребление электроэнергии и выброс парниковых газов в зоне машинного орошения в Республике Каракалпакстан.

Результаты показывают, что объемы водоподдачи в системе машинного орошения в Республике Каракалпакстан, могут быть значительно сокращены за счет совершенствования методов планирования режима орошения. Объем воды для орошения хлопчатника может быть уменьшена с текущего 479 до 343 млн. м<sup>3</sup>, что дает общую экономию воды 135 млн. м<sup>3</sup> (Таблица 1). Аналогично, вода

для орошения риса может быть уменьшена с текущего 938 до 815 млн. м<sup>3</sup>, что соответствует экономии 123 млн. м<sup>3</sup> воды. Общая экономия воды за счет улучшения орошения сельскохозяйственных культур в Респуб-

ке Каракалпакстан может составлять почти 258 млн. м<sup>3</sup>, которые могут оставлены неиспользованными в речном источнике или закачаны из источника для орошения дополнительных культур.

Таблица 1.

Сравнение потребления воды и энергии при текущем и улучшенном планировании режима орошения с использованием модели Cropwat 8 (2021 г.).

Сельхозкультура	Площадь подачи воды, га	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га		Водоподача, млн. м <sup>3</sup>		Сбережения воды, млн. м <sup>3</sup>	Энергопотребление, Гигаватт час		Сбережения электроэнергии, Гигаватт час
		Текущая	Улучшенная практика орошения	Текущая	Улучшенная практика орошения		Текущая	Улучшенная практика орошения	
Хлопчатник	86300	5550	3980	479	343	135	51.1	36.6	14.5
Рис	28500	32900	28590	938	815	123	100.0	86,9	13.1
Итого	114800	N/A	N/A	14717	1158	258	151.1	123.5	27.5

Результаты исследования показывают, что максимальные сбережения воды (258 млн. м<sup>3</sup>), энергии (27 ГВт час) и снижение выбросов углекислого газа (12900 тонн), могут быть получены для хлопчатника при применении оптимального режима орошения, с использованием программы CROPWAT-8.

Важным аспектом устойчивого производства сельскохозяйственных культур в Центральной Азии является увеличение эффективности управления водоподачей в оросительных системах. Фермеры обычно заблаговременно не могут планировать режимы орошения из-за недоступности данных по объемам водоснабжения во время вегетационного периода. Доступ к ирригационной воде (в том числе к подземным водам) влияет на принятие решений фермеров по срокам поливов. Многие исследователи пытались определить оптимальные режимы орошения для различных культур, выращенных в бассейне Аральского моря. На основе полевых экспериментов Mukhamedjanov et al., 2016 [16] продемонстрировали, что

улучшение управления ирригацией с использованием таких методов, как планирование орошения на основе ET (подсчета эвапотранспирации, используя данные мини метеостанций), может сократить водоподачу до 30%. Они пришли к выводу, что оптимальные оросительные нормы хлопчатника в Ферганской области колеблются в пределах 4000-4800 м<sup>3</sup>/га.

Для разработки оптимального режима орошения для хлопчатника и риса в этом исследовании использовалось моделирование по компьютерной программе "CROPWAT-8". Результаты исследований свидетельствуют о том, что в Республике Каракалпакстан оптимальные оросительные нормы для хлопчатника составляют 3500-4000 м<sup>3</sup>/га и риса 25000-29000 м<sup>3</sup>/га (таблица 1). Эффективность орошения в Республике Каракалпакстан низкая из-за низкой эффективности широко применяемого метода бороздового орошения, при которой максимальный КПД техники полива может составить 75% [15]. Поэтому переход на более эффективные ме-



тоды орошения, такие как системы дождевания и системы капельного орошения, может привести к дополнительной экономии воды.

Этот анализ показывает, что многие преимущества могут быть достигнуты путем принятия улучшенных методов орошения в зоне машинного орошения в Республике Каракалпакстан, Узбекистана. Экономия воды, сокращение потребления энергии и затрат выгодны фермерам и окружающей среде. Но при принятии улучшенной практики орошения следует обратить внимание фермеров не только на увеличение урожайности, но также и на сокращение оросительных норм (например, «оптимизировать производство сельскохозяйственных культур»). Эта трансформация в мышлении фермеров может быть вызвана пересмотром ценообразования на энергию. Например, ограничение или устранение субсидий на электроэнергию и воду может помочь оказать реальную денежную экономию фермерам, которые затем могут испытывать прямую связь между своими действиями и их финансами.

#### **Выводы**

Общая доступная вода для орошения сельскохозяйственных культур в Республике Каракалпакстан в Узбекистане обеспечивается путём подъема оросительной воды из реки Амударья насосными станциями. Эти насосные станции производят передачу больших объёмов воды и в тоже время потребляют большое количество энергии, что приводит к значительным затратам денежных средств на перекачку оросительной воды в Узбекистане. Свыше 150 Гвт-ч электроэнергии тратится оросительными насосными системами для подъема 14700 млн. м<sup>3</sup> оросительной воды в Республике Каракалпакстан только для орошения риса и хлопчатника.

Результаты данного исследования показывают, что с использованием улучшенной практики орошения, используя компьютерные модели в том числе программу CROPWAT-8, можно сэкономить до 258 млн. м<sup>3</sup> оросительной воды. Это позволит снизить

затраты на электроэнергию на 27 ГВт-час, выбросы углекислого газа на 12,9 килотонн (~18%). Таким образом, усовершенствование методов орошения в зоне машинного орошения в Республике Каракалпакстан может принести множество преимуществ, таких как снижение водного стресса, снижение потребления энергетических и материальных затрат и снижение выбросов углекислого газа.

#### **Литература**

1. Abdullaev, I., & Rakhmatullaev, S. (2016). Setting up the agenda for water reforms in Central Asia: Does the nexus approach help? *Environmental Earth Sciences*, 75(10), 1-10.
2. Allen RG., Pereira LS., Raes D, and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration –guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper no. 56 (Rome: FAO).
3. Мелиорация и орошение культур хлопкового севооборота (гидромодульное районирование и режим орошения сельскохозяйственных культур по областям Республики Узбекистан. Ташкент, СоюзНИХИ, 1992
4. Шредер В.Р. и др. Расчетные значения оросительных норм сельскохозяйственных культур в бассейне рек Сырдарья и Амударья. Ташкент. Средазгипроводхлопок. 1970. с. 292
5. С. И. Харченко. 1968. Гидрология орошаемых земель. Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. 1968.
6. С. И. Харченко Тепловодно-балансовый метод обоснования норм орошения и поливных режимов. Труды ГГИ, вып. 125, 1965.
7. Шумаков Б.А. Изучение водопотребления сельскохозяйственных культур-основа для проектирования режима орошения. Сб. “Биологические основы орошаемого земледелия”. Изд. АН СССР, М. 1957.
8. Алпатыев А.М. Влагодоборот культурных растений. Гидрометеоиздат, Л. 1954

9. Алпатыев С.М. К вопросу о расчетной обеспеченности дефицита водного баланса при проектировании орошения. Сб. "Водное хозяйство", М. 1965
10. Bucknall, J., I. Klytchnikova, J. Lampietti, M. Lundell, M. Scatasta, and M. Thurman. (2003) Irrigation in Central Asia: Social, Economic and Environmental Considerations (prepared for the World Bank). Accessed October 2014.
11. Dukhovny, V.A., and J. de Schutter (2011) Water in Central Asia: Past, Present, Future, CRC Press, Taylor and Francis Group.
12. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2009. Cropwat 8.0 for windows user guide. Rome, Italy.
13. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2005. Irrigation water requirements, In: Irrigation Potential in Africa: A Basin Approach, Chapter 5, FAO Corporate Document Repository, FAO, Rome. Available from: <http://www.fao.org/docrep/W4347E/w4347e00.html> (Accessed 1 Dec 2016).
14. Kochnakyan A., Khosla K.S., Buranov I., Hofer K., Hankinson D., and Finn J. 2013. (Uzbekistan Energy / Power Sector Issues Note. The World Bank. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/810761468318884305/pdf/ACS41460WP0Box0Issues0Note00PUBLIC0.pdf> (Accessed 30 Aug, 2017).
15. Laktaev NT. 1978. Cotton irrigation. Moscow, Kolos.
16. Mukhamedjanov S., Mukhamedjanov A., Yuldashev T., and Dukhovny V. 2016. Optimizing Use of Water for Cotton Production using Evapotranspiration based Irrigation Scheduling Technique in the Fergana Valley Uzbekistan. Annals of Arid Zone, 2016; 55(3&4): 165-172. (IF: 0.17).
17. Nelson GC., Robertson R. 2008. Personal Communication. JAMAB, 2006. Groundwater management and potential in the Karkheh River Basin. Consultancy Report. Tehran, Iran.
18. Shenhav, R., Xenarios, S., Soliev, I., Domullodzhanov, D., Akramova, I., and Mukhamedova, N. The Water, Energy and Agriculture Nexus – Examples from Tajikistan and Uzbekistan. Conference Paper · August 2017. Available at:
19. Shenhav, R., Domullodzhanov, D. and S. Xenarios (2016). Energy and agricultural water management in Tajikistan: The role of Water User Associations on improving water for energy nexus, Technical Report, OSCE Office in Tajikistan.
20. USDA (United States Department of Agriculture). 1967. Irrigation water requirements. Tech. Release No. 21, United States Department 595 of Agriculture Soil Conservation Service (USDA-SCS), Washington, DC
21. Qureshi AS. 2014. Reducing carbon emissions through improved irrigation management: a case study from Pakistan. Irrigation and Drainage, 63(1), 132-138. DOI:10.1002/ird.1795.

**APPLICATION OF THE CROPWAT-8 MODEL FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF WATER USE TO SAVING IRRIGATION WATER, TO REDUCE THE COSTS OF ELECTRICITY CONSUMED BY PUMPING STATIONS AND REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN THE REPUBLIC OF KARAKALPAKSTAN, THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

*Jumaboev K.M., Yuldashev T.U.*

*Annotation. This paper applies quantitative accounting method to assess water and energy use intensity in irrigated areas of Republic of Karakalpakstan of Central Asia that are supplied by pumping water uphill (lift-irrigated) from the underlying river. The results*

*indicated that the potential water and energy savings could be achieved by applying optimal planning irrigation schedule simulated using Cropwat-8. Some 258 million cubic meters of water and 27 GWh of electricity can be saved while the CO<sub>2</sub> equivalent emissions can be reduced by almost 12 900 t. This paper describes an example of proper irrigation planning as a tool for water/energy savings and consequent reduction of costs towards water pumping.*

**Keywords:** *Water use; pump irrigation; energy use; irrigation scheduling; CROPWAT-8; Karakalpakstan; Uzbekistan.*

УДК 551.465, 551.506,574.52

## ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОРЕЖИМА Р. ДОН В XVIII – XXI ВВ.: СТАТИСТИКА, КЛИМАТ, ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ СТОКА

**Матишов Г.Г., Клещенко А.В., Московец А.Ю.**

*Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия*

**Аннотация.** *В статье рассмотрены проблемы, связанные с изменением режима р. Дон. На основании анализа архивных и исторических данных за более чем 2 века выделено 3 этапа водности бассейна р. Дон. Причины изменения стока этой реки связаны как с климатическими циклами, так и с постройкой сети гидротехнических заграждений и сооружений.*

**Ключевые слова:** *река Дон, климатические циклы, изменения водного стока, гидротехнические сооружения, динамика.*

Климат цикличен. В зависимости от продолжительности теплых и холодных периодов, засушливых и влажных лет, формируются водный баланс рек, урожайность сельскохозяйственных культур, воспроизводство речной и морской ихтиофауны, изменяются пути миграции промысловых рыб Дона и Азовского моря. Внутривековая климатическая изменчивость и усиливающаяся аридизация обуславливают процессы трансформации речного стока, растительного покрова и почв.

Водная система Дона является областью соприкосновения интересов различных отраслей экономики, связанных с водопользованием и водопотреблением, таких как рыбное хозяйство и рыболовство, водный транспорт, энергетика, хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельское хозяйство и промышленность. Естественным потребителем воды является экосистема Азовского

моря, и, прежде всего, Таганрогского залива. Вместе с тем, основной целью эксплуатации водной системы Дона является обеспечение достаточного объема и качества водных ресурсов и сохранение промысловой ихтиофауны.

Река Дон относится к рекам со снеговым питанием. Годовой цикл водности реки Дон зависит от накопленного снежного покрова на момент начала активного снеготаяния в сезон весеннего половодья. Величина поступающих талых вод на водосборе зависит от площади покрытия снегом, высоты и плотности снежного покрова, водозапаса в снеге, а также условий и характера подстилающей поверхности и динамики накопления тепла. Протяженность бассейна реки Дон с севера на юг составляет более 800 км, с запада на восток – более 600 км. Значительная протяженность бассейна Дона по широте и расчлененность рельефа обуславливают не-