

## ВОДНЫЙ БАЛАНС ХЛОПЧАТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ГИС И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ) В УСЛОВИЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

*Г.Ш. Эшмуратова – ассистент Международного института управления водными ресурсами  
З.А. Гафуров – Научный сотрудник Международного института управления водными ресурсами и  
Научно-исследовательский гидрометеорологический институт (НИГМИ) Узгидромета  
Каттакулов Ф.С. - старший преподаватель  
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства*

### Аннотация

Ушбу тадқиқот Кашкадарё вилоятидаги Кухнасой Сув истемолчилари уюшмаси (СИУ) пахта экин майдонларининг сув баланси таҳлил қилинди. Ушбу тадқиқот минтақада суғориш режаларини ва сув ресурсларидан оқиллона фойдаланишни яхшилашга ёрдам беради. Ушбу тадқиқотда сув балансини таҳлил қилиш ва баҳолаш учун замонавий илғор технологияларидан бири сифатида қўлланилаётган Гео Ахборот тизим (ГАТ) технологияси қўлланилган. Сув балансининг ҳудудий маълумотлари сув ҳўжалигида жуда муҳим бўлиб сув ресурсларидан оқиллона фойдаланиш учун тегишли меъёрий нормаларни ишлаб чиқишга ёрдам беради. ГАТ технологияси бугунги кунда бутун дунёда кенг қўлланилиб келинмоқда ва сув ресурсларини бошқаришда ҳамда унинг минтақадаги барқарорлигини таъминлашда жуда яхши восита ҳисобланади. Ушбу технология ёрдамида эришилган натижамиз ҳудудий кўринишга эга бўлиб, сув балансининг фазовий харитаси яратилди.

### Abstract

In this study, water balance analysis was conducted for cotton crop in Kuhnasai Water use Association (WUA) in Kashkadarya province to learn crop water requirement and spatial analyses of water balance. This study will help to improve irrigation scheduling and rationale use of water resources in the region. Advanced technology so called Geographical Information Systems (GIS) is used in this study to conduct analysis and assessment of water balance. Spatial information of water balance is very useful and helpful for decision makers to take some measurements for making proper use of water resources. GIS technology is being used broadly in the world and is very good tool to apply in water resource management and its future sustainability in the region. The results obtained with this technology have a regional tendency and the spatial map of the water balance has been created.

### Аннотация

В данном исследовании был проведен анализ водного баланса для хлопчатника в Ассоциации Водопользователей (АВП) Кухнасой расположенная в Кашкадарьинской области, для изучения потребности хлопчатника в воде и пространственный анализ водного баланса. Это исследование поможет улучшить планирование ирригации и рациональное использование водных ресурсов в регионе. В этом исследовании был проведен анализ и оценка водного баланса с помощью передовых технологий, как геоинформационная система (ГИС). Технология ГИС широко используется в мире и является очень хорошим инструментом для применения в управлении водными ресурсами в регионе. Пространственная информация о водном балансе дают более точные результаты и очень полезна для принятия правильных решений в использовании водных ресурсов. Поскольку на сегодняшний день в нарастающем дефиците пресной воды очень важно рациональное использование водных ресурсов, а правильно рассчитанный водный баланс поможет для распределения и составления правильного режима орошения. Результаты, полученные с помощью этой технологии, имеют региональную тенденцию и создана пространственная карта водного баланса.



**Введение.** Развитие орошения способствует решению целого ряда социально-экономических проблем: получение гарантированных объемов сельскохозяйственной продукции, снижение в условиях орошаемого земледелия экономических рисков, связанных с потерями урожая из-за нестабильности погодных условий; создание новых рабочих мест для сельского населения и благоустройство народа. Управление водными ресурсами в республике является ключевым вопросом и требует энергий, поскольку правильное управление водными ресурсами и энергосбережение в исследовательской области является проблемой в регионе, где вода и энергия пользуются большим спросом при подъеме воды из Амударьи в степь.

Объект исследования. Для анализов исследуемым участком был выбран АВП «Кухнасой» расположенный в западной части Кашкадарьинской области. Климатические условия данного объекта континентальный и сухой, осадки в основном происходят в зимний период. Расположение уровня грунтовых вод в исследуемом объекте от

2,5м до 4,4м. Большинство орошаемые и промышленные зоны в данном объекте сильно зависят от поверхностных вод в регионе. Учитывая низкое расположение УГВ в расчете водного баланса не было учтено значение подземных притоков.

**Цель исследования.** Основная цель исследования является определение водного баланса и потребность культур к воде. Поскольку разные культуры имеют разные требования к воде, надлежащие системы управления водными ресурсами в значительной степени зависят от измерения различных типов культур и их потребности в воде. Данное исследование была нацелена на изучение водного баланса для хлопчатника.

**Данные:** В исследовании использовались спутниковые снимки Landsat пространственным разрешением 30 м. Landsat изображения имеют каналы с разными диапазонами с объемом данных около 180 МБ - 1000 МБ (каждый 190 × 190 км<sup>2</sup>). Все эти данные были получены и загружены из архива Геологической службы США (USGS). Хороший объем данных может быть загружен без

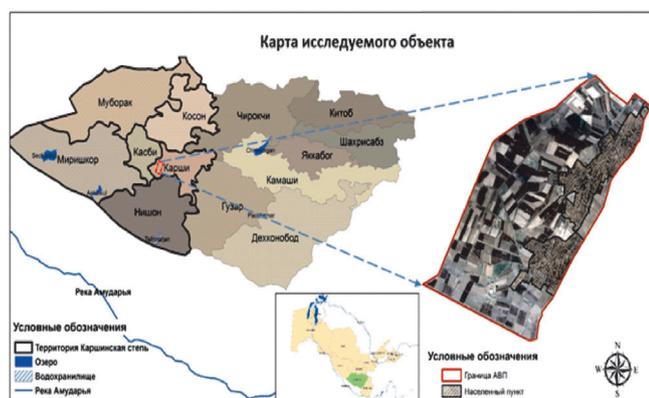


Рис.1. Карта области исследования

каких-либо затрат только для целей исследование. Временное разрешение данных Landsat составляет 16 дней, а пространственное разрешение 30 метров.

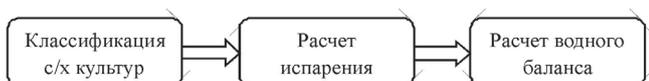
А также было использовано метеорологические точные данные из метеостанций вокруг объекта исследования. Метеорологические данные способствуют расчету эталонного испарения.

Таблица 1

Информация об использованных спутниковых данных

Дата снимков	Количество использованных сцен	Год	Спутник	Формат	Разрешение пикселя
9-апреля	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
25-апреля	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
12-июня	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
28-июня	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
15-августа	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
31-августа	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м
2-октября	1	2016	Ландсат 8	Geo-TIF	30 м

**Методология.** Методология в данном исследовании была разработана поэтапно. Основным подходом этой работы было применение контролируемой классификации, расчет испарения и расчет водного баланса. Поэтому методология реализованная в этом исследовании,



была разделена на три основные части.

В классификационном анализе землепользования было использовано нормализованного относительного ин-

декса состояния растительности (NDVI) и фенология сельскохозяйственных культур, при котором исследовалось состояние растений в период вегетации с выделением вида растительности по классам, соответственно, тренда их фенологического развития. Этот метод осуществляется с помощью нижеприведенной формулы, а результат представляется в виде графика.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

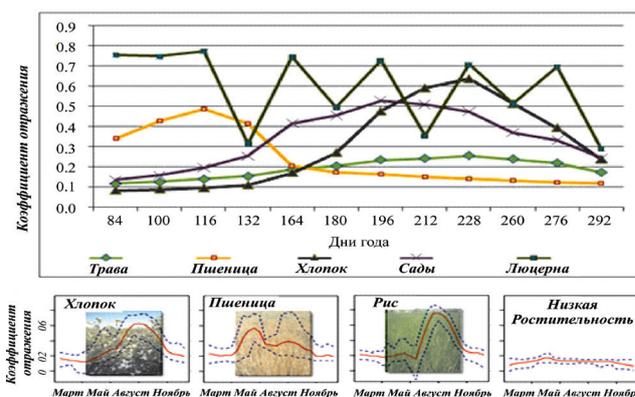


Рис.2. Динамика изменения индекса состояния растительности (NDVI) для различных культур с использованием временно-годовой данных результатов NDVI

где NIR – Инфракрасный спектр, R – Красный спектр. Полуавтоматический плагин (SCP) был использован для классификации общего изображения. Изображения значений NDVI были сложены, так как индекс растительности колеблется, следовательно, в течение дня наблюдения. Поскольку все изображения, сложенные в один слой, имели фенологическое развитие, которое индивидуально для каждого типа культур. Вместо над земных данных, мы определили место расположения различных культур с помощью объединенных NDVI слоев. NDVI слои и ГИС инструмент позволяют проанализировать фенологии разных сельхоз культур в вегетационный период в виде кривых эпюр. При сравнении эпюр NDVI хлопка, пшеницы и другие растительности можно обнаружить вполне закономерную разницу в эпюрах этих культур, поскольку вегетационный период хлопчатника отличается от вегетационного периода других растений. В связи с этим эпюра зеленого фона хлопчатника повышается с конца мая – начало июня, снижаясь к сентябрю - октябрю. Полуавтоматический плагин (SCP) был использован для классификации общего изображения. Изображения значений NDVI были сложены, так как индекс растительности колеблется, следовательно, в течение дня наблюдения. Поскольку все изображения, сложенные в один слой, имели фенологическое развитие, которое индивидуально для каждого типа культур. Вместо над земных данных, мы определили место расположения различных культур с помощью объединенных NDVI слоев. NDVI слои и ГИС инструмент позволяют проанализировать фенологии разных сельхоз культур в вегетационный период в виде кривых эпюр. При сравнении эпюр NDVI хлопка, пшеницы и другие растительности можно обнаружить вполне закономерную разницу в эпюрах этих культур, поскольку вегетационный период хлопчатника отличается от вегета-

ционного периода других растений. В связи с этим эпюра зеленого фона хлопчатника повышается с конца мая – начало июня, снижаясь к сентябрю – октябрю.

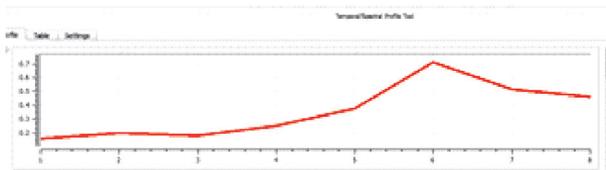
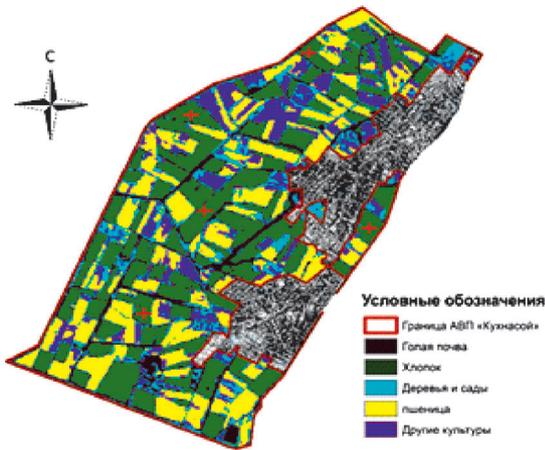


Рис. 3. Расположение хлопчатника в области исследования

После определения расположения посевных зоны хлопчатника далее можно извлечь эти зоны для дальнейшего анализа. Извлеченные необходимые зоны обеспечат ускорение процесса. Ниже изображены участки, занятые хлопком после извлечения из результатов классификации.

**Расчет испарения.** Поскольку испарение является частью водного баланса, и она является ключевым элементом для планирования управления водными ресурсами и орошения. Эвапотранспирация ( $E_T$ ) может быть вычислена с использованием различных методов (метеоданных или уже вычисленных данных  $E_T$ ). Так как рассчитанный фактический  $E_T$  для региона дает реальные потребности в воде сельхоз культур.

В данном методе эвапотранспирация культуры  $E_T$  рассчитывается по произведению эталонной эвапотранспирации культуры на коэффициент культуры  $K_c$ :

$$E_T = K_c \cdot E_{T0} \quad (2)$$

Где:

$E_T$  - эвапотранспирация культуры [мм/сут];

$K_c$  - коэффициент культуры [-];

$E_{T0}$  - эталонная эвапотранспирация [мм/сут].

Поскольку Центральная Азия является областью, ограниченной данными, для расчета  $E_{T0}$  в нашем случае используется простая методология так называемая метод «Харгрейва Самани», которая требует минимального количества входных данных. Ниже приведена формула для расчета эвапотранспирации с использованием уравнения Харгрейва Самани [15].

$$E_{T0} = k_{et} \cdot RA \cdot \sqrt{(T_{max} - T_{min})} \cdot (T_{mean} + 17.8) \quad (3)$$

$$RA = 0.0023 \cdot \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot d_r \cdot [\omega_s \cdot \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (4)$$

$RA$  – Внеземное излучение

$G_{sc}$  – Соолнечна константа

$d_r$  – Обратное относительное расстояние от земли до солнца

$\delta$  – Солнечное склонение

$\varphi$  – Координатная широта

$J$  – Дни года

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J\right)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J - 1.39\right) \quad (5)$$

После расчета эталонного испарения методом Харгвей Саманий у нас получилось эталонное испарение на каждый день для нашего объекта исследования. Далее из полученного результата была разработана карта эталонного испарения.

При расчете естественного испарения требуется расчет коэффициента культур на три разных этапа.

1. Коэффициент культуры в начальной стадии вегетации, первые 30 дней.
2. Коэффициент культуры в среднем стадии вегетации, следующие 90 дней.
3. Коэффициент культуры на конечной стадии вегетации, последние 45 дней.

В данном исследовании коэффициент культур была приобретена с методологии, FAO которой, была рекомендовано использовать эти коэффициенты для засушливых регионов.

Для хлопчатника было рекомендовано использовать ниже указанные коэффициенты:

1.  $K_c = 0,40$  – для начальной стадии вегетации.
2.  $K_c = 1,15$  – для средней стадии вегетации.  $K_c = 0,70$  – для конечной стадии вегетации.

Полученное естественное испарение было суммировано на весь вегетационный период и создана ГИС карта.

**Расчет водного баланса.** Водный баланс рассчитывается по формуле:

$$\Delta W = I_r + P - E_T - R_n - D_p, \text{ м}^3/\text{га} \quad (6)$$

Где:

$I_r$  – водоподача;

$P$  – атмосферные осадки;

$E_T$  – эвапотранспирация;

$R_n$  – водосброс;

$D_p$  – инфильтрация;

Данные водоподачи мы взяли от представителя АВП «Кухнасой» то что фактически для хлопчатника подается вода в вегетационный период около 8000 м<sup>3</sup>/га.

Так как у нас не имелись данные сброса воды из поля, нам пришлось принять общепринятую норму из «Справочника гидротехника ширкатных хозяйств и АВП» (стр.39), что составляет около 30% от общей водоподачи и значение

которого будет равен около 2400 м<sup>3</sup>/га.

Атмосферные осадки взяты из данных метеостанций, затем с помощью инструмента интерполяции в ГИС технологии была создана пространственная карта осадков.

Эти карты позволяют рассчитать водный баланс в пространственном виде.

Учитывая значение инфильтрации в процентном значении водосброса по общепринятым нормам из «Справочника гидротехника ширкатных хозяйств и АВП» (Лактаева

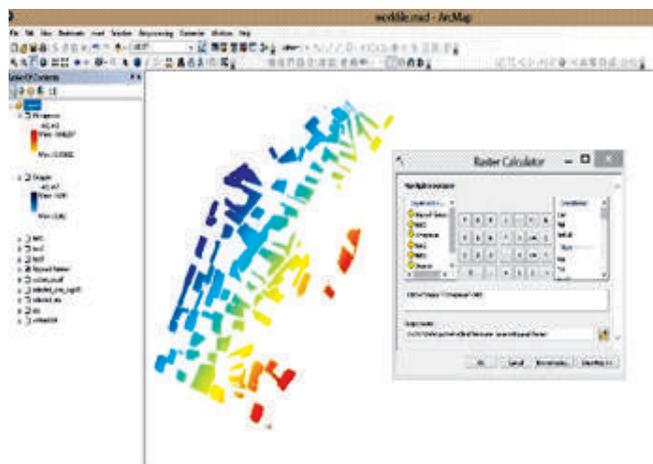
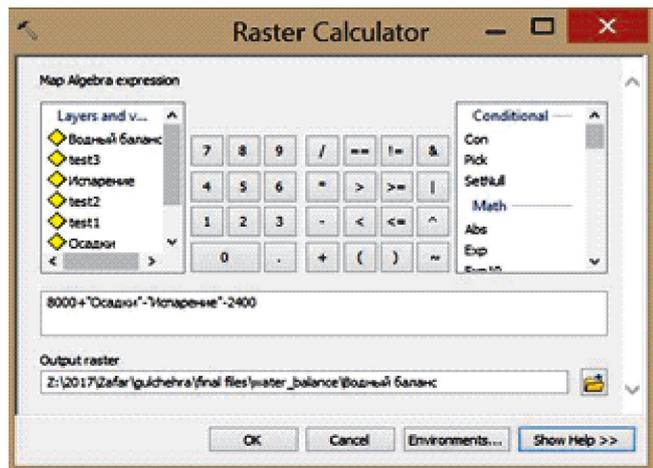


Рис.4. Расчет водного баланса

Н.Т.стр.39), что составляет около 30% от общей водоподачи, то формулу водного баланса можно преобразовать (по рекомендации Abdullaev I. и др)как:

$$W=Ir+P-ET-Rn \text{ м}^3/\text{га}$$

Для получения результатов в пространственном виде и расчета водного баланса мы использовали инструмент программы ГИС Raster калькулятор.

ГИС программа позволяет приобрести анализ в пространственном виде в котором можно легко визуально интерприровать и понять изменение по зонам исследуемого объекта.

**Результат.** Применяя данный метод, мы получили пространственную карту водного баланса, где можно визуально увидеть в АВП «Кухнасой» значение водного баланса.Исходя из полученных результатов можно составить правильный режим орошения для правильного распределения и управления водными ресурсами, так как на сегодняшний день растет дефицит пресной воды, а наша основная цель это рациональное и комплексное управление водными ресурсами.

В полученной карте водного баланса видно, что максимальное значение водного баланса для нашего исследуемого участка равен +56,93м<sup>3</sup>/га, а минимальное значение -192.14 м<sup>3</sup>/га.В данном исследовании основной задачей было разработка методики расчета водного баланса с использованием передовых технологий.

Результат данной методологии,с применением передовых технологий, требует проверить точность оценки водного баланса в области исследования, что позволяет получить оправдаемость результатов и дает возможность в будущем адаптировать данную методологию и в других регионах.

**Выводы.** На сегодняшний день применение и внедрение новых передовых технологий и получение более точных данных стало очень актуальным. В том числе применение ГИС технологии и дистанционное зондирование помогают получить визуальную картину пространственного изображения земной поверхности с более точными результатами. Данный метод исследования является чрезвычайно экономичным, позволяя достоверно оценивать существующее состояние земной поверхности, а также и состояние водного баланса для всех сельскохозяйственных культур.

#### Список использованной литературы:

1. Abdullaev I., Mehmood Ul Hassan., Jumaboev K., Water saving and economic impacts of land leveling: the case study of cotton production in Tajikistan, 2007
2. Бочарин А.В., Лактаев Н.Т, Гайипназаров Н.А., «Справочник гидротехника ширкатных хозяйств и ассоциации водопользователей» Ташкент-«Укитувчи» 2000.
3. Гафуров З. Магистрская диссертация «Анализ временных рядов Аральского моря с использованием изображений Landsat» 2011. Штуттгарт, Германия
4. Каримов А.Х., Гафуров З.А. «Современные методы и технологии в решении гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических задач.» Материалы Республиканской научно-технической конференции. Ташкент 2013.(стр.16)
5. Скворцов А.В. «Геоинформатика»: Учебное пособие. – Томск, университета, 2006г.
6. FAO-56, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
7. USGShttp://glovis.usgs.gov/next/, Геологическая служба США