

# ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ АМУ-СУРХАНСКОГО БАССЕЙНА И МОДЕЛИ ИХ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Икрамова М.Р., Жураев И.У.

**Аннотация.** Статья посвящена анализу располагаемых водных ресурсов в Сурхандарьинской области и улучшению управления водными ресурсами, обеспечивающие эффективность их использования. Изучены источники водных ресурсов, состав водохозяйственных объектов, их режимов работы с учетом водообеспеченности и потребности, разработана электронная водобалансовая схема водных объектов Аму-Сурханского бассейна с учетом орошаемых территорий и ГИС модель на базе ArcGIS.

**Ключевые слова:** Водные ресурсы, регулирование стока, водохранилище, река, ГИС-модель.

**Введение.** Основной проблемой на пути повышения качества использования земельно-водных ресурсов в Сурхандарьинской области является нехватка резервов поверхностных вод. Потребности области в воде колеблется в пределах 3730-4450 млн м<sup>3</sup>, в том числе на орошение 3660-4305 млн м<sup>3</sup>. Однако, ограниченные водные ресурсы в Сурхандарьинской области сдерживают рост производства продуктов питания, что при значительном росте численности населения, число которого более 2,1 млн человек в настоящее время, является острой социальной проблемой. Регион имеет высокую чувствительность к изменениям климата, при прогнозе 50%-го водного дефицита к 2050 году, может привести к засухе и дальнейшему опустыниванию земель. Для обеспечения продовольственной безопасности необходимы научно-обоснованные рекомендации совершенствования системы водообеспечения и управления водными ресурсами.

**Объект исследования.** Сурхандарьинская область расположена на юге Республики Узбекистан в Сурхан-Шеробадской долине, граничит по реке Амударья с Афганистаном, на северо-востоке с Республикой Таджикистан, на юго-западе с Туркменистаном, на северо-западе с Кашкадарьинской областью. Река Сурхандарья является главной водной артерией области и образуется от слияния двух рек: Туполанг и Каратаг, берущих начало в Гиссарском хребте. Общая протяженность реки - 175 км, площадь бассейна - 13,5 тыс км<sup>2</sup>, максимальный расход – 700 м<sup>3</sup>/с (г/п Мангузар). Сток реки по среднегодовым данным составляет 3,59 км<sup>3</sup> в год при коэффициенте вариации 0,18. Существуют малые реки Шерабаддарья, Дашнабад, Обизаранг, Сангардак, Ходжаипак и др. Реки Варзоба по большому Гиссарскому каналу дают сток 130 млн м<sup>3</sup>, река Шерабад – 218 млн м<sup>3</sup> при коэффициенте вариации 0,30. Приток подземных вод - 175 млн м<sup>3</sup> в северной зоне, 44 млн м<sup>3</sup> в южной зоне. В южной части региона частично используются дренажные воды, которые составляют 410 млн м<sup>3</sup>.

Характерная черта источников воды в области состоит в том, что в октябре-феврале реки имеют минимальные и более или менее постоянные расходы, в марте происходит подъем воды, достигающий максимального предела в мае, с июня начинается быстрый спад. Столь большая дисперсия стока не отвечает всем требованиям эффективного выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Создание крупных водохранилищ и разветвленной ирригационно-дренажной сети с ГТС резко изменило баланс водных ресурсов области. Ирригационную инфраструктуру области составляет система водохранилищ Тупаланг, Южный Сурхан, Учкизил, Дегрезское и другие малые водохранилища, многочисленные каналы, как Шерабадский, Аму-Зангский, Джаркурганский, Занг, Хазарбаг, Аккапчигай, Кумкурган и другие.

**Результаты исследований.** Анализ данных по водным ресурсам и потреблению показывает, что обеспечивается около 50% потребности региона (Табл.1). Водобалансовыми расчетами установлено, что в северной зоне бассейна недостаток оросительной воды в критический период составляет около 100-300 млн м<sup>3</sup>, при 90% обеспеченности. Оросительная способность реки Сурхандарья с учетом регулирования ее стока Южно- Сурханским и Учкызылским водохранилищами составляет 2120-1900 млн м<sup>3</sup> в год при 75% и 90% обеспеченности, соответственно. С учетом использования возвратных вод дефицит составляет от 230 до 550 млн м<sup>3</sup> в зависимости от водности года. Использование водных ресурсов в других секторах экономики состоят из следующих: коммунальное хозяйство 19-20 млн м<sup>3</sup>, промышленность – 17-18 млн м<sup>3</sup>, рыбное хозяйство в пределах 14 млн м<sup>3</sup> и прочие 9-10 млн м<sup>3</sup>.

Таблица 1. Формирование водных ресурсов и водообеспеченность отраслей экономики области

| Отрасли экономики                     | Потребность, Млн м <sup>3</sup> | Источники воды                | Формирование ресурсов, Млн м <sup>3</sup> | Оросительная способность, Млн м <sup>3</sup> |                |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------|
| Сельское хозяйство                    | 3660                            | Сурхандарья                   | 3590                                      | 1900                                         |                |
| Коммунальное хозяйство                | 20                              | Родники и саи                 | 219                                       | 113,88                                       |                |
| Индустрия                             | 18                              | Варзоб                        | 130                                       | 67,6                                         |                |
| Другие отрасли                        | 24                              | Шерабад                       | 218                                       | 113,36                                       |                |
|                                       |                                 | Возвратные воды               |                                           |                                              | 230            |
|                                       |                                 | Тупалангское водохранилище    |                                           |                                              | 80             |
|                                       |                                 | Южно-Сурханское водохранилище |                                           |                                              | 610            |
|                                       |                                 | Дегрез                        |                                           |                                              | 12,2           |
|                                       |                                 | Учкизил                       |                                           |                                              | 80             |
| <b>Всего</b>                          | <b>3722</b>                     |                               | <b>4157</b>                               | <b>2194,84</b>                               | <b>932,2</b>   |
| <b>Всего оросительная способность</b> |                                 |                               |                                           |                                              | <b>3127,04</b> |
| <b>%</b>                              |                                 |                               |                                           | <b>57</b>                                    | <b>84</b>      |

Из таблицы видно, что в регионе формируется  $4157 \text{ км}^3$  воды, однако их полезное использование составляет  $2195 \text{ км}^3$ . Остальная часть воды теряется в оросительной сети и на полях. Характерная черта источников воды в области состоит в том, что в октябре-феврале реки имеют минимальные и более или менее постоянные расходы, в марте происходит подъем воды, достигающий максимального предела в мае, с июня начинается быстрый спад.

Столь большая дисперсия стока не отвечает всем требованиям эффективного выращивания большинства сельскохозяйственных культур. Кроме этого, неудовлетворительная водообеспеченность исходит из того, что инфраструктура орошения устаревшая, большие непроизводительные потери воды (в среднем около 40%), имеется зависимость от насосного орошения, которая покрывает 65% всей площади и потребляет 70% годового бюджета Аму-Сурханского БУИС на эксплуатацию и техническое обслуживание по причине устаревшего оборудования. Для удовлетворения потребности в воде осуществляется водозабор из реки Амударья машинным путем в каналы Аму-Занг, Каттакум и Жайхун, в то же время сбрасывается избыточный сток рек Сурхандарья и Шерабад опять в Амударью. Ниже приведен графики водозабора из реки Амударья и сбросы за 2004-2020 гг. (Рис.1).

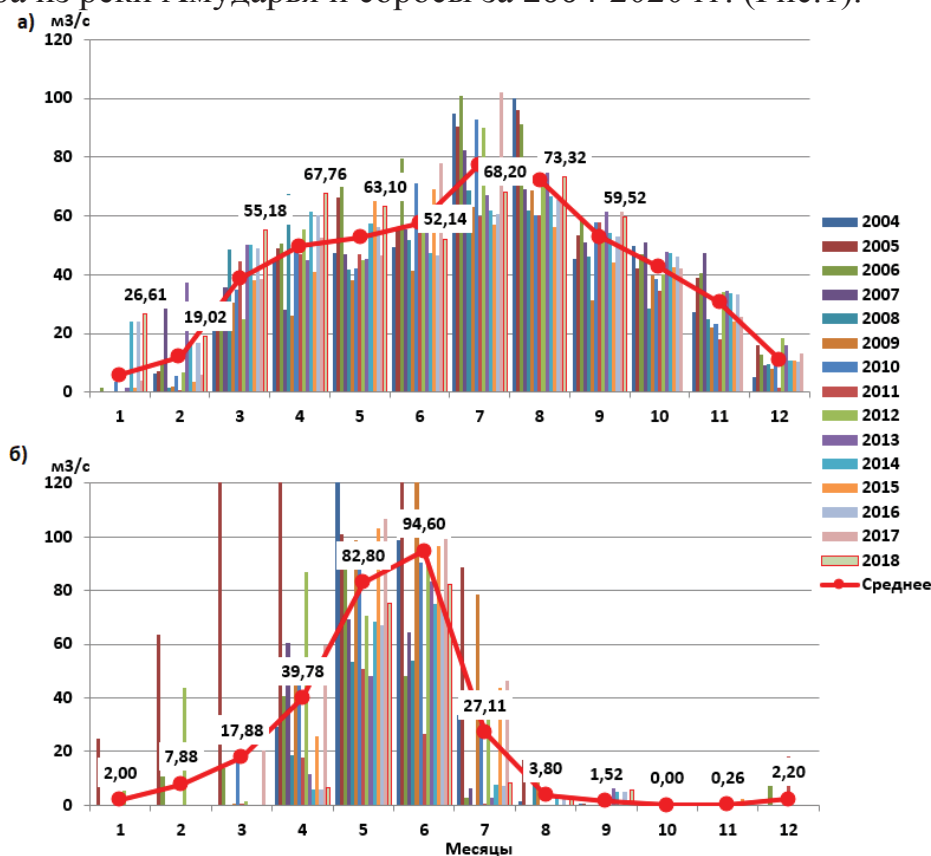


Рисунок 1. Водозабор из реки Амударья (а) и водосбросы в реку (б)

Как видно из графиков большие среднемноголетние значения приходятся на апрель-сентябрь месяцы и колеблются от 53 до  $73 \text{ м}^3/\text{с}$ . При этом, в 2006, 2010 и 2015 годах количество откачанной воды насосными станциями были наибольшими, при этом их среднегодовое значение составило 1321 млн  $\text{м}^3$ . В то же время происходят существенные сбросы

водных ресурсов в реку Амударья. Водосбросы в больших количествах осуществляются в апреле-июне месяцах и среднемноголетние значения колеблются в пределах 40-95 м<sup>3</sup>/с, среднегодовое значение составляет 735,4 млн м<sup>3</sup>, т.е. общие объемы сбросов равняются половине откачанной воды. Надо отметить, мощность насосного водоподъема с учетом количества подъемов составляет 980 м<sup>3</sup>/с, соответственно, расход электрической энергии составляет 930,4 млн квт/час.

Для улучшения отслеживания водоподачи разработана электронная водобалансовая схема для всей ирригационной системы, в которую введены основные объекты Аму-Сурханского БУИС. Введены наименования объектов, пропускная способность каналов, расход воды, протяженность канала и подвешенная площадь.

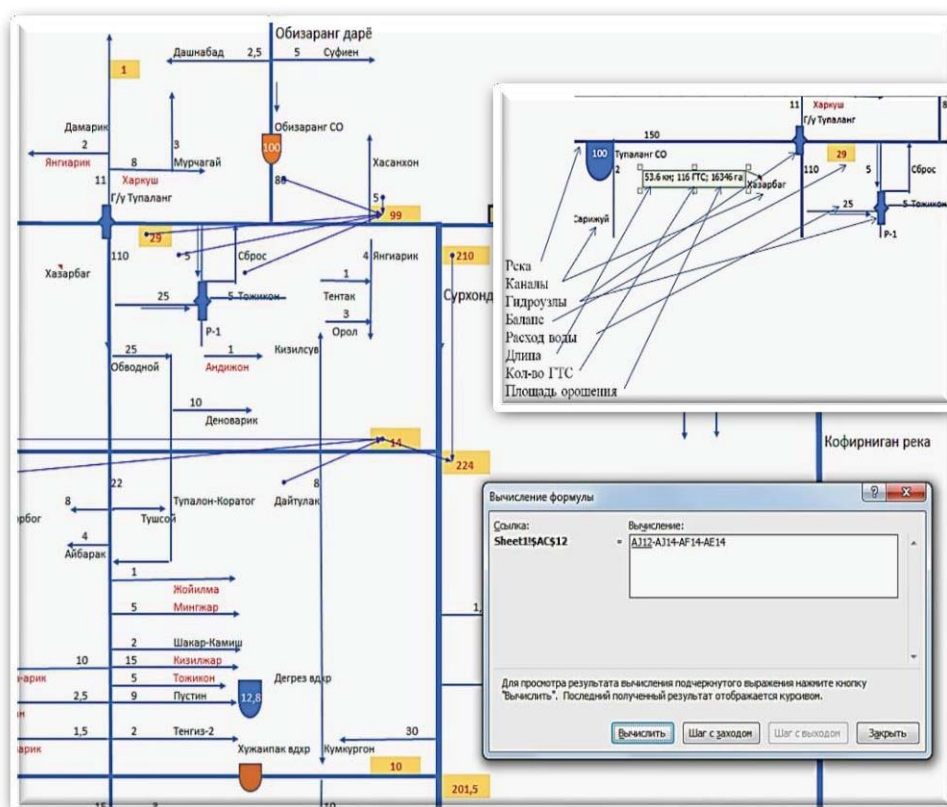


Рисунок 2. Электронная водобалансовая схема системы

Все водотоки (каналы и реки) в регионе были разделены на 19 балансовых участков, которые взаимно связаны на основе схемы ирригационной сети и данных по притоку и оттоку.

Расчет баланса производится по следующей формуле:

$$Q_{i-i_n} = Q_{i_1} + Q_{i_2} + \dots + Q_{i_{n-1}} - Q_{i_n}$$

где  $Q_{i-i_n}$  - расход воды на балансовом участке;  $i$  – порядковый номер промежуточных участков;  $n$  - количество промежуточных участков.

При расчете вводятся данные по выбранной сети каналов или по отдельно взятому каналу или реке и устанавливается связь с взаимно влияющими ячейками.



Для разработки карты и базы данных в ArcGIS использован shp-формат векторных слоев (Рис.3). Некоторые из программ-векторизаторов не имеют такого формата вывода, поэтому после работы с ними приходится проводить конвертацию полученного векторного слоя. Источником для векторизации использовались несколько карт Сурхандарьинской области. Была проведена работа по определению общих элементов и их взаимоположению, после выборки они были сведены в единую карту использования водопользовательских объектов области. Для векторизации линейных объектов использовался EasyTrace, наиболее удобный для оцифровывания полигонов и линий. Для оцифровки точечных объектов использован R2V for Windows, хорошо работающий с отдельными растровыми объектами. Такая обработка растровых объектов позволили получить оптимальный результат. Проект включает в себя несколько визуальных тематических слоев и основную подложку. Дополнительно сформирована база данных атрибутивных таблиц.

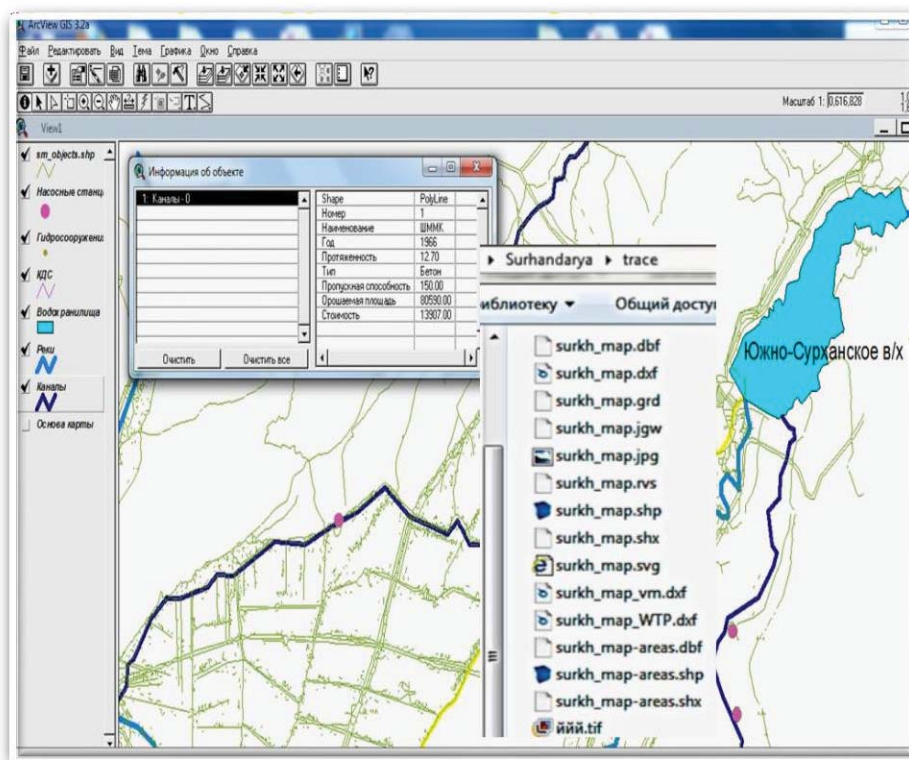


Рисунок 3. Атрибутивная информация ГИС модели

Для создания трехмерных моделей была выбрана следующая технологическая схема: аэрофотосъемка, планово-высотная подготовка снимков, создание цифровой модели рельефа, получение реалистичной трехмерной картины окружающей местности, оцифровка строений и объектов инженерной защиты (каналы, сооружения, водохранилища и пр.). затем производилось построение трехмерных моделей отдельных сооружений, их текстурирование и экспорт в общую 3D-модель.

Создание ГИС моделей отдельных сооружений проводилось с помощью программы SketchUp (<http://sketchup.google.com/intl/ru/gsu7/>), а

объединение всех данных и создание единой трехмерной модели выполнено в рамках ArcGIS. Однако использование нескольких программных продуктов требует согласования форматов данных и их конвертирование. Кроме того, работа ведется с файлами большого объема, то есть программные продукты должны оптимизировать исходные данные и ресурсы компьютера для более быстрого отображения трехмерной картины. Следующим этапом являлось моделирование функционирования водохранилищ в различных условиях и оценка эффективности планируемых мероприятий на базе анализа геопространственных данных. В развитии плоскостной карты построена 3D карта с характеристиками рельефа, уклона и высоты над уровнем моря с помощью инструментов анализа, включенных в пакет GoogleEarthPro. Карта показывает эти характеристики в интерактивном режиме, позволяя оперативно отследить все необходимые параметры.

Изучение эксплуатации каналов и гидроузлов, также ГИС моделирования бассейна показало, что есть возможность перерегулирования водных ресурсов бассейнов рек Сурхандарья и Шерабаддарья, что сократит объемы машинной водоподачи в сети, включая откачку воды из Амударьи. Анализ показывает, при создании возможности накопления воды вместо откачки 1321 млн м<sup>3</sup> воды, достаточно было бы качать всего лишь 585 млн м<sup>3</sup> воды. Предложено компенсирующее регулирование стока бассейнов рек Сурхандарья и Шерабаддарья. Разработана методика определения компенсирующего режима водохранилищ, направленная на осуществление межбассейновой переброски стока на основе анализа режима работы водохранилищ Тупаланг, Южно-Сурханское, Учкизилское и Актепинское.

**Закключение.** На основе изучения и анализа водохозяйственных объектов в Сурхандарьинской области, водораспределения и ее эффективности получены следующие результаты. Неудовлетворительная водообеспеченность исходит из того, что имеется большая зависимость от насосного орошения, которая покрывает 65% всей площади и потребляет 70% годового бюджета Аму-Сурханского БУИС на эксплуатацию и техническое обслуживание НС, большие непроизводительные потери воды, высокая чувствительность к изменениям климата, при прогнозе 50%-го водного дефицита к 2050 году, что приведет к засухе и дальнейшему опустыниванию земель. В рамках данной исследовательской работы, предложены следующие разработки: электронная водобалансовая схема водных объектов Аму-Сурханского бассейна с учетом орошаемых территорий на базе MSEXCEL, по которой можно проследить влияние на нижние водозаборы потребителей, находящихся выше по течению и принимать оперативные меры по коррекции дефицита или распределению излишков водных ресурсов (DGU 09990, 2021г.). Произведено ГИС моделирование с базой данных водохозяйственных объектов бассейна: водотоки, водохозяйственные объекты (каналы, ГТС, водохранилища, НС, гидросты и др.) на базе ArcGIS. В развитии плоскостной платформы построена 3-Д модель с характеристиками рельефа, уклона и высоты над

уровнем моря, с помощью инструментов анализа, включенным в пакет GoogleEarthPro, которая может отследить все необходимые параметры в интерактивном режиме.

### Список использованной литературы

1. IDRISI, Manual for users. Clark Labs at Clark University, 2008. Pp.180
2. MapInfo. Technical and Programming Manual. Pitney Bowes Software Inc., 2010. Pp. 280
3. Алябьев А.А., Сосновский А.В. Цифровое трехмерное моделирование местности на основании результатов спутниковой стереоскопической съемки. Геодезия и картография. № 8, 2008. С.23-27.
4. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. согласование стратегий водопользования. М.: Научный мир, 2010г. 232 с.
5. Денисов Ю. М., Сергеев А. И. Побережский Л. Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории. Тр. САНИГМИ, вып. 149. Т, 1996 г. С. 68-78.
6. Икрамова М.Р., Батищев С., Ахмедходжаева И.А. Анализ гидрографических характеристик бассейнов рек Сурхандарьинской области. «AGROILM», №3 (59), Ташкент, 2019. С.70-71.
7. Лазерко М.М. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D моделей территорий. Автореферат диссертации. Новосибирск, 2010.
8. Павленко А.В. Разработка методики создания фотограмметрических 3D-моделей местности по аэрокосмическим снимкам. Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. Новосибирск, 2006.
9. Самардак А.С. Геоинформационные системы: учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2005. 123 с.
10. Севрюгин В. К., Морозов А. Н. Оценка продуктивности орошения при различной технике полива. Экономический вестник Узбекистана, 2001. №9.
11. Угроватова Е. Г.. Обоснование комбинированных типов переброски стока на примере реки Западный Маныч. Гидравлика, гидрология, водные ресурсы. №4, 2013. С.70-75
12. Усманов Ш. И. Использование земельно-водных ресурсов Сурхандарьинской области и методика оценки его эффективности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.г.н. Специальность "Экономическая, социальная и политическая география". Санкт-Петербургский государственный университет.
13. Шикломанов И. А., Маркова О. Л. Проблемы водообеспечения и переброски речного стока в мире. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 295 с.
14. <https://earth.google.com/>
15. [http://www.easytrace.com/digitization/isolines\\_ru](http://www.easytrace.com/digitization/isolines_ru)
16. <http://people.morrisville.edu/~shayyaw/ArcView/IntroArcView.htm>
17. <https://www.esri-cis.ru/products/arcview/detail/brochures-documents/>