

Разработка базы данных и компьютерной программы для управления водными ресурсами в рамках ирригационных систем

Икрамова М.Р., НПО САНИИРИ, Узбекистан

Введение. В бассейнах рек функционирует сложный водохозяйственный комплекс, работа которого затруднена из-за отсутствия оперативного информационного обеспечения на фоне нарастания дефицита водных ресурсов. Переход от административно-территориального к бассейновому принципу управления в Республике Узбекистан предполагает совершенствование существующих методов управления на нескольких уровнях: речные бассейны, ирригационные системы, АВП и фермерские хозяйства. В структуру бассейновых управлений ирригационных систем и магистральных каналов входят специальные отделы и службы по управлению водными ресурсами – диспетчерская, гидрометрии, баланса водных ресурсов, основная задача которых – организация бесперебойного и своевременного обеспечения водой потребителей, рациональное распределение и учет водных ресурсов.

При этом важно располагать соответствующими инструментами и необходимой информацией (модели, базы данных), позволяющими выполнять расчеты и оперативно принимать обоснованные решения.

Размещение ограниченных водных ресурсов в регионе с учетом требований экологии и обеспечение гарантированного водообеспечения сложный вопрос. Существующие модели, ориентированные на водоснабжение не всегда учитывают специфические характеристики местности. В последние десятилетия интегрированный подход к управлению становится существенным, в котором учитываются вместе с требованием на воду также качество воды и защита окружающей среды.

В САНИИРИ ведутся исследования по разработке ГИС- базы данных и программы по управлению водными ресурсами в рамках речных бассейнов и ирригационных систем. В докладе будут представлены анализ применения разработанных программ к ирригационным системам Амубухарского и Аму-Кашкадарьинского бассейнов, которая расположена в регионах с острой нехваткой воды и относительно дорогим способом доставки воды как машинный водоподъем.

Модель управления водными ресурсами. Задачи управления водными ресурсами в рамках определенной ирригационной системы неразрывно связано с надёжностью их учета и объективной оценкой располагаемых ресурсов, изменяющихся по длине водотоков и во времени под влиянием естественных и антропогенных факторов. Годовые невязки водного баланса достигают 20...30% от водозабора на орошение.

Основная задача управления – временное (месячное, декадное и посуточное) перераспределение гидрографа стока. Несмотря на общность применяемых методических подходов, для ирригационной системы разработана специфическая модель, отражающая особенности морфологической структуры и принципов работы водохозяйственных комплексов этого бассейна.

Математическая модель, основана на использовании уравнения неразрывности, записанного в виде зависимости изменения запаса воды на участке канала от расходов воды в створах, бокового притока и потерь воды и нелинейной связи расхода воды с площадью поперечного сечения потока. При выборе типа модели исходили из следующих соображений:

- решать задачи планирования и управления стоком водотока (шаг расчета – сутки, период – несколько дней, декада, месяц, год)
- учитывать характерные для водотока особенности трансформации потоков
- детализация расчетной схемы соответствует имеющимся исходным данным структуры рассматриваемой ирригационной системы

- работать во взаимосвязи с базой данных и использовать оперативную (диспетчерскую) информацию, поступающую в ирригационное управление.

Базируясь на основные принципы расчета водного баланса, программа позволяет моделировать систему водоснабжения и ирригации, единичные бассейны или комплексные системы каналов.

Разработаны ГИС-карты с указанием ирригационной и дренажной системы, водохранилищ, орошаемые земли, культуры, АВП. Введены статическая и динамическая информация в табличные атрибуты, которая трансформируется на графические файлы для удобства работы. Модель снимает данные с базы данных, выполняет необходимый расчет и выводит полученный результат в виде таблиц или графиков. База данных позволяет выполнить анализ, систематизацию и обобщение гидрологической информации о среднемесячных расходах воды (объёмах стока) по створам, которые являются опорными для того или иного ирригационно-хозяйственного района, данные о расчётном водопотреблении (брутто) по каждому ирригационно-хозяйственному району и оросительной системе внутри него и информацию о площади орошаемых земель и их КПД. На Рис. 1 и 2 представлены Гис-карты, составленные на базе ArcView GIS.

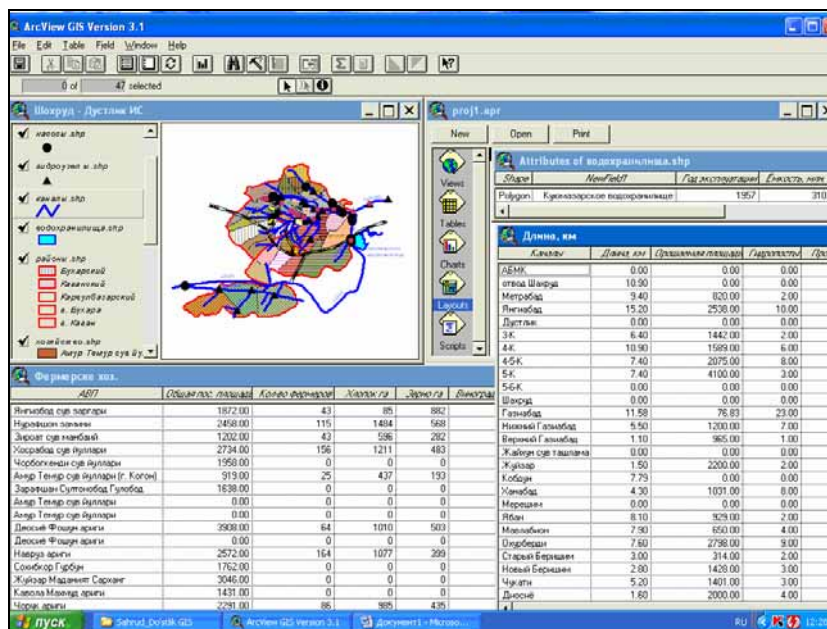


Рис.1 ГИС- карта и база данных на мониторе (Шахруд-Дустликская ирригационная система в Аму-Бухарском бассейне)

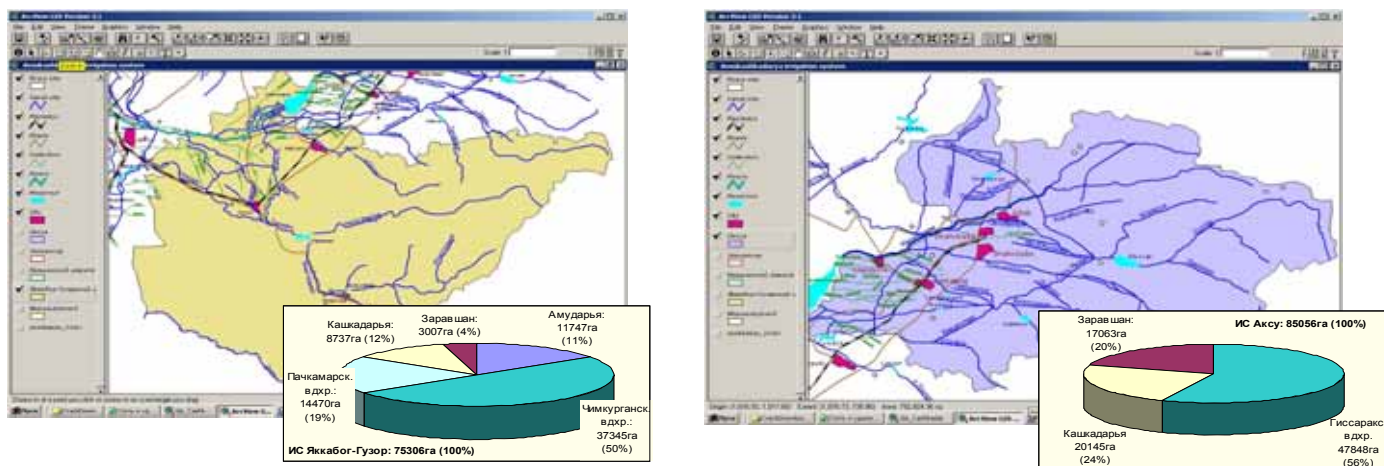


Рис.2 - Яккабаг-Гузарская и Аксуйская ирригационные системы в Аму-Кашкадарьинском бассейне

В модель входят зависимости, позволяющие рассчитывать параметры потока и характеристики водотока, потери воды на испарение с водной поверхности, фильтрационные потоки, объемы руслового аккумулярования стока. Основой модели являются балансовые уравнения, в которых используются прогнозные и имеющиеся фактические характеристики гидрологического режима ирригационных каналов.

Уравнение водного баланса расчетного участка за данный интервал времени Δt (сутки, декады, месяц) имеет вид (млн. м³) [2]:

$$W_1 + W_2 - V_1 - V_2 - P - W = \Delta W, \quad (1)$$

W_1 - поступление водных ресурсов на участок; W_2 - приток КДС.; V_1 - попуск в замыкающий створ; V_2 - водозабор на участке; P - потери стока на участке; W - объем руслового регулирования, т. е. аккумулярования в реке (+) и притока на участок (-) за счет изменения руслового объема; ΔW - невязка баланса.

Потери стока определяются по формуле (млн. м³):

$$P = P_{исп.} - P_o + P_{ф.п.} - P_{ф.пр.} \quad (2)$$

Где $P_{исп.}$ - потери на испарение; P_o - поступление воды за счет осадков; $P_{ф.п.}$ - фильтрационные потери; $P_{ф.пр.}$ - фильтрационный приток на участок.

Модели позволяют оценить наличие невязок стока, устанавливать избытки и дефициты стока на участках, объемы фильтрационных потерь, выполнять прогнозные водно-балансовые расчеты.

После компьютерной реализации необходимо провести следующую аналитическую работу:

- анализ достоверности прогнозов и оценка фактических располагаемых водных ресурсов,
- анализ фактического распределения водных ресурсов между водопотребителями и причин его отклонения от планируемых водозаборов,
 - анализ структуры потерь воды по участкам и во времени,
 - анализ эффективности регулирования стока (план, факт),
 - комплексная оценка эффективности управления водными ресурсами,
 - разработка рекомендаций по повышению степени управляемости и предупреждению отрицательных последствий управления, в том числе в период маловодья и паводок.

Для составления плана водопользования необходимо знать водообеспеченность. До настоящего времени отсутствуют надёжные и общепринятые методы объективного определения водообеспеченности той или иной территории. Упрощая задачу, представим, что под водообеспеченностью можно понимать некоторое соотношение между суммарными требованиями на воду со стороны различных водопотребителей и располагаемыми водными ресурсами для покрытия этих требований.

Задача существенно усложняется, когда возникает необходимость удовлетворить не только общие требования на годовые объёмы воды, но и подавать её в течение года в соответствии с гидрографом водопотребления. При этом каждый водопользователь и водопотребитель должен к определённому им сроку заранее знать фактическую обеспеченность водоподачи, чтобы в случае необходимости оперативно принять экономически обоснованное и экологически правильное решение.

Методика объективной оценки водообеспеченности заданного периода внутри года разработана в УзНИИГМИ группой учёных под руководством профессора Денисова Ю.М. [1,4]. Методика, которая продолжает совершенствоваться, основана на учёте

изменчивости речного стока и построении кривых обеспеченности объёмов стока за каждый месяц года. Требуемый объём воды в течение данного месяца, будучи нанесённым на кривую обеспеченности объёмов стока за этот же месяц, объективно указывает на обеспеченность водопотребления. Период, соответствующий кривой обеспеченности стока, может быть сокращён до суток, но в этом случае по мере сокращения периода в геометрической прогрессии возрастает некорректность статистических вычислений, связанная с усилением влияния взаимокорреляции статистических рядов.

Для всех вариантов реализация предлагаемой методики применительно к ирригационно-хозяйственным районам предусматривает выполнение следующих работ:

- Вычисление основных статистических параметров рядов: коэффициентов вариации и среднеквадратического отклонения.
- Роль (позитивная и негативная) возвратных вод, под которыми обычно понимают суммарные сбросы при различных видах водопотребления и водопользования.

Сумма возвратных вод в речном бассейне количественно равна разнице между общим водозабором и суммарным значением потерь. Возвратные воды состоят в структуре расходов воды во всех створах, за исключением самого верхнего, т.е. являются дополнительными водными ресурсами и в этом заключается их позитивная роль.

Для оценки доли возвратного стока в общем расходе воды предстоит собрать данные о водозаборах из реки и сбросах в неё по каждому из межстворных интервалов. Тогда фактический расход воды в нижнем створе, следующим за самым верхним, определится из соотношения

$$Q_H = Q_B - \sum q_B + \sum q_C \quad (3)$$

где Q_B и Q_H - расходы воды в верхнем и нижнем створах соответственно, $\sum q_B$ и $\sum q_C$ - сумма расходов на водозабор и сброс на рассматриваемом участке.

Возвратные воды представляют собой главный, а нередко и единственный источник серьёзного загрязнения речного стока и роста его минерализации.

Расчет годовой потребности и месячного требования на воду. Потребность исследуемого региона на воду определяется как сумма всех заявок на воду для всех орошаемых участков нижнего уровня т.е. фермерских хозяйств, объектов коммунального хозяйства и других водопотребителей.

Годовой спрос на воду определяется по формуле:

$$W_{\text{год спрос}} = \sum (W_{\text{треб год объем}} \times W_{\text{норма потр.}}), \quad (4)$$

Общий требуемый годовой объём воды есть сумма всех отраслей потребляющих воду начиная с самого нижнего уровня (фермерский), где Br самый нижний уровень, Br' - следующий уровень выше Br , Br'' - уровень на две ступени выше Br и т.д., т.е.:

$$\sum Br_{\text{орошение}} = Br_{\text{фермер}} \times Br'_{\text{АВП}} \times Br'_{\text{ИС}} \dots \quad (5)$$

Месячный спрос на воду определяется как месячный спрос/месячное колебание в рамках установленного значения годового потребления:

$$W_{\text{мес. спрос}} = W_{\text{мвп}} \times W_{\text{год спрос}} \quad (6)$$

Где $W_{\text{мвп}}$ - месячная вариация потребления.

Месячный спрос представляет количество воды необходимое для исследуемого участка (по заявкам), тогда как требование на воду есть фактический требуемый объём доставляемой воды из водного источника. Компоненты требования состоят из спроса,

который согласуется с внутриводосборным повторным использованием и стратегии управления водами на территории, направленной на снижение спроса и потерь.

Месячное требование на воду определяется по формуле:

$$W_{\text{мес. треб.}} = (W_{\text{мес. спрос}} \times (1 - W_{\text{возврат}}) \times (1 - W_{\text{водосбер.}}) / (1 - W_{\text{потери}}) \quad (7)$$

Численные расчеты. Ставилась задача подобрать режимы, удовлетворяющие требования ирригации, минимизирующие потери и возможные дефициты орошаемого земледелия.

Были учтены:

- водность года (по стоку реки Амударьи),
- требования питьевого и промышленного водоснабжения,
- требования ирригационного комплекса,
- баланс водотока.

Расчеты выполнялись для двух вариантов водности:

- Расчетный год 90 % обеспеченности (маловодный),
- Средний по водности год (50 % обеспеченности).

Водность года являлась основным фактором, лимитирующим приточность. Ниже приведены некоторые условия расчета:

- Водопотребление по лимитам МКВК, урезка лимитов в маловодные годы (на 10...20%),
- Из установленного лимита на хозяйственно-питьевые нужды выделяется необходимый объем воды в год.

Численно были исследованы основные функции ирригационной системы: сезонное регулирование стока каналов в интересах ирригации (особо в маловодные дефицитные годы), регулирование паводков в многоводные годы.

Заключение. ГИС-карта с базой данных значительно облегчает работу диспетчерских служб. Выполнение расчетов согласно вышеприведенной методике позволяют получить объективную информацию управления ирригационных систем и заинтересованным потребителям о складывающейся водообеспеченности орошаемых земель во внутриводосборном разрезе с указанием вероятности возникновения избытка или недостатка ирригационной воды и оценить экономическую эффективность применения рекомендованного на базе расчетов водораспределения в рамках орошаемых земель ирригационной системы.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Денисов Ю.М., Сергеев А.И., Побережский Л.Н. Метод оценки водообеспеченности орошаемой территории. Тр.САНИГМИ, вып.149, 1996, с.68-78.
- 2 Ляховская Л.Ф., Салихова Д.Х. Разработать метод краткосрочного прогноза Амударьи с заблаговременностью 10 суток, 1990.
- 3 Разработать и внедрить мероприятия по повышению эффективности регулирования стока в интересах ирригации и водоснабжения населения низовьев Амударьи, НТО САНИИРИ, А.Г.Сорокин, Т., 1990.
- 4 Денисов Ю.М., Мягков С.В. Математическое моделирование и современные методы гидрологических расчетов и прогнозов. Тр. САНИГМИ, Т., 1996.
- 5 Розенберг Л.И., Грушевский М.С. Возможности расчета распластывания волн половодья в реках с деформируемым руслом. Тр.ГГИ, Вып.190, Л., 1997.
- 6 Сорокин А., Аверена Л. Современный русловой водный баланс. Сельское хозяйство Узбекистана, № 5-6, 1998.