

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ В АРИДНОЙ ЗОНЕ НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ

*В. А. Духовный, А. Г. Сорокин*

*Научно-Информационный Центр Межгосударственной  
Координационной Водохозяйственной Комиссии Центральной Азии,  
Ташкент, Узбекистан, dukh@icwc-aral.uz, sorant@mail.ru*

Нынешняя водохозяйственная ситуация в мире и особенно в аридных и полуаридных зонах достигла критического состояния. Растущее демографическое давление, изменение климата, конкуренция между отраслями за воду, а также трансграничные проблемы ставят огромные вызовы перед человечеством для выживания в будущем. Будущее представляется как абсолютно непредсказуемый горизонт на основе ряда комбинаций различных сценариев и факторов водного развития.

Центральная Азия охватывает территорию 6 стран: Казахстана, Кыргызстана, Таджикистана, Туркменистана, Узбекистана и Афганистана. Все страны сильно отличаются друг от друга по своим социально-экономическим и политическим условиям и имеют разные приоритеты в отношении воды. Однако общие водные ресурсы двух великих рек Амударья и Сырдарья, находящиеся в ведении Межгосударственной Координационной Водохозяйственной Комиссии, создают необходимость в общем видении будущего развития.

Бассейн Аральского моря как единый водный организм, обеспечивающий водоснабжение и благополучие шести стран региона, включая Афганистан, является многолетним полигоном сотрудничества всех народов региона по использованию водных ресурсов сначала в рамках бывшего СССР, а ныне в рамках 5 независимых государств.

Это сотрудничество является очень важным фактором устойчивости водообеспеченности региона и социального развития сельских местностей наших стран, и оно осуществляется в виде:

- совместного планирования и контроля ежегодного водораспределения трансграничных вод между странами и их основными ирригационными зонами силами двух Бассейновых Водохозяйственных Объединений (БВО) этой Комиссии;
- технического совершенствования и усиления потенциала мощности путем системы тренинга специалистов верхнего и среднего уровня, информационной системы, внедрения автоматизированного контроля управления водой начатого в бассейне реки Сырдарья и др.;
- совместного совершенствования организационной и технической сторон водопользования путем внедрения проектов ИУВР в Ферганской долине, ныне распространившегося уже за её пределы на площади более 400 тыс. га.

Ситуация в самом регионе характеризуется дисбалансом между тремя странами богатыми углеводородными топливными ресурсами (Казахстан, Туркменистан и Узбекистан) и двумя странами, расположенными на верхних водоразделах (Киргизстан и Таджикистан), которые обладают огромным, но недостаточно освоенным гидроэнергетиче-

ским потенциалом. Наконец, сюда следует добавить будущий ход событий, связанных с Афганистаном, страной, которая должна рассматриваться как равная среди других стран бассейна Аральского моря и роль которой следует учитывать в будущих водохозяйственных сценариях региона.

Описание будущего, которое может возникнуть в следующие 20-40 лет, с этой точки зрения представляет исключительную важность для лиц, принимающих решения, а также для многочисленных заинтересованных сторон.

В этой связи, комплекс моделей по управлению бассейном Аральского моря, разработанный для решения приоритетных задач по управлению и освоению земельных и водных ресурсов бассейнов рек Амударья и Сырдарья должен стать очень важным инструментом поиска и достижения консенсуса между государствами.

**Главной задачей комплекса математических моделей бассейна Аральского моря (ASBmm) является увязка гидрологических и социально-экономических моделей и граничных условий и обеспечение информации для процесса планирования и принятия решений в области управления трансграничными водами. Он служит в качестве единой платформы планирования и принятия решений для руководителей и решающих лиц водного хозяйства региона, для тренинга и распространения принципов ИУВР среди широкой аудитории, в зависимости от конкретных нужд целевой группы.**

Комплекс моделей создан с целью ответа на вопросы «что будет, если...». Какие требования на воду могут быть у государств региона в перспективе, если развиваться они будут, ориентируясь исключительно на собственные потенциалы и возможности? А если государства будут интегрированы в единое экономическое пространство, предполагающее специализацию (в производстве продуктов питания, выработке энергии и др.) и координацию управления водой, с целью достижения регионального благополучия и безопасности?

Чтобы модели «могли ответить» на подобные вопросы, в них предусмотрены возмож-

ности экономического анализа, и они ориентированы на взаимосвязь между территориальным и бассейновым уровнями управления. Не эффективно моделировать только ствол реки, не имея связи с орошаемыми землями (зонами планирования). И наоборот, те решения, которые принимаются на территориальном уровне, обязательно должны быть проверены на бассейновом уровне, исходя из региональных ограничений и требований, прежде всего экологических.

Наличие в комплексе социально-экономического блока и показателей динамики отдельных зон планирования создают новые возможности — оценку вариантов экономического развития государств, демографической ситуации, инвестиционных политик, определения потребностей секторов экономики, анализа будущего с точки зрения устойчивого развития. Могут быть оценены мероприятия по водосбережению, оптимальному размещению культур уже исходя из наличия инвестиций.

Каждое государство региона имеет свои национальные интересы и проблемы в управлении водными ресурсами. Но существуют задачи, которые являются ключевыми для большинства государств.

### Структура ASBmm

ASBmm в качестве специального инструмента долгосрочного планирования состоит из нескольких тесно взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом блоков:

- Модель распределения водных ресурсов (WAm) — специализированный компьютерный инструмент для моделирования процессов регулирования стока основных рек бассейна Аральского моря крупными водохранилищными гидроузлами с ГЭС трансграничного воздействия, распределения поверхностных водных ресурсов между водохозяйственными районами (зонами планирования) и водными экосистемами (ветланды Приаралья, Арал); позволяет выполнять водо-солебалансовые и гидроэнергетические расчеты по бассейнам рек Сырдарья и Амударья, по водохозяйственным сценариям, помесечно на период до 2035 года; модель создана на основе технологии

GAMS, это позволяет решать оптимизационные задачи управления водными ресурсами, что во многом способствует правильному выбору водохозяйственных решений;

- Модель зоны планирования (PZm) — программный продукт для расчёта требуемого водопотребления в коммунально-бытовом секторе, сельском хозяйстве, промышленности; позволяет рассчитывать по климатическим и водохозяйственным сценариям до 2035 г. водообеспеченность зоны планирования и потери продукции при возникающем дефиците воды; позволяет составлять водохозяйственные балансы отдельных зон планирования, в увязке с речной сетью, включая водные и солевые балансы орошаемых территорий, расчет возвратных вод; учитывает наличие местных ресурсов, включая подземные воды, регулирование стока местными водохранилищами;

- Социально-экономическую модель (SEm) — программный продукт, позволяющий строить и оценивать водохозяйственные, сельскохозяйственные и экологические сценарии развития бассейна Аральского моря до 2035 года, в увязке со сценариями социально-экономического развития стран бассейна; работает в комплексе с моделями WAm, PZm;

- Пакет моделей водных экосистем — программный продукт, позволяющий рассчитывать водно-солевые балансы Аральского моря (северная, восточная и западная емкости), ветландов Северного и Южного Приаралья и Арнасайской экосистемы; оценивает требования на воду и продуктивность экосистем;

- Базу данных — информационно-аналитическую систему, представляющую собой набор данных и комплекс информационных технологий по хранению, обработке, приему данных и представлению их пользователю; имеет три блока: блок «А» — ретроспективной информации, блок «В» — исходной первичной информации для моделей, сгруппированной по сценариям (климатический, с/х, водохозяйственный, экологический, социально-экономический) и вариантам гидрологических рядов (водности), блок

«С» — вторичной информации по сценариям и результатам моделирования;

- Набор сценариев, описывающих возможные будущие изменения, которые могут быть использованы как комбинация этих вариантов или пользовательские сценарии, в предлагаемом формате, будущих изменений и развития;

- Программу управления — осуществляющую интеграцию моделей, позволяющую маршрутизировать, преобразовывать и организовывать обмен данными, управлять потоками информации через Веб-интерфейс; осуществляет синхронизацию потоков информации, находящихся под управлением различных пользователей.

Пользовательский Web-интерфейс позволяет пользователю вести диалог с моделями через Интернет, реализовать ряд возможностей по настройке моделей, корректировке данных и созданию пользовательских сценариев, по организации итерационных запусков моделей и интерпретации полученных результатов; результаты моделирования можно просматривать через Интернет в табличной, графической форме, а также визуализировать в картографическом блоке (цветная индексация в пространстве и во времени) по ряду показателей. Интерфейс, равно как и комплекс моделей, охватывает две линии развития как ретроспективные, так и перспективные: бассейновую, в которой происходят в основном все гидрологические, энергетические и экологические процессы, и территориальные, которые в основном описывают поведение зон планирования (ЗП) в зависимости от водообеспеченности и в связи с различными сценариями. Социально-экономические и экологические показатели ЗП агрегируются в национальные планы и оценки. Выходом модельного комплекса является:

- Динамика стока воды в основных реках и водораспределения по отраслям и ЗП в каждой стране в разрезе месяца;

- Динамика орошаемых земель и соответственно сельскохозяйственного производства по основным видам продукции (зерно, хлопок, овощи, фрукты, корма, молоко, мясо);

- Соответствующая динамика ВВП в том числе по отраслям (промышленность, орошаемое земледелие, животноводство, переработка, энергетика, сфера обслуживания);
- Влияние динамики водопользования на занятость в сельской местности;

- Производство электроэнергии и других ресурсов, инвестиции в строительство новых и восстановление старых сооружений, реструктуризацию и управление.

Схема взаимодействия между различными компонентами комплекса моделей приведена на Рис. 1.

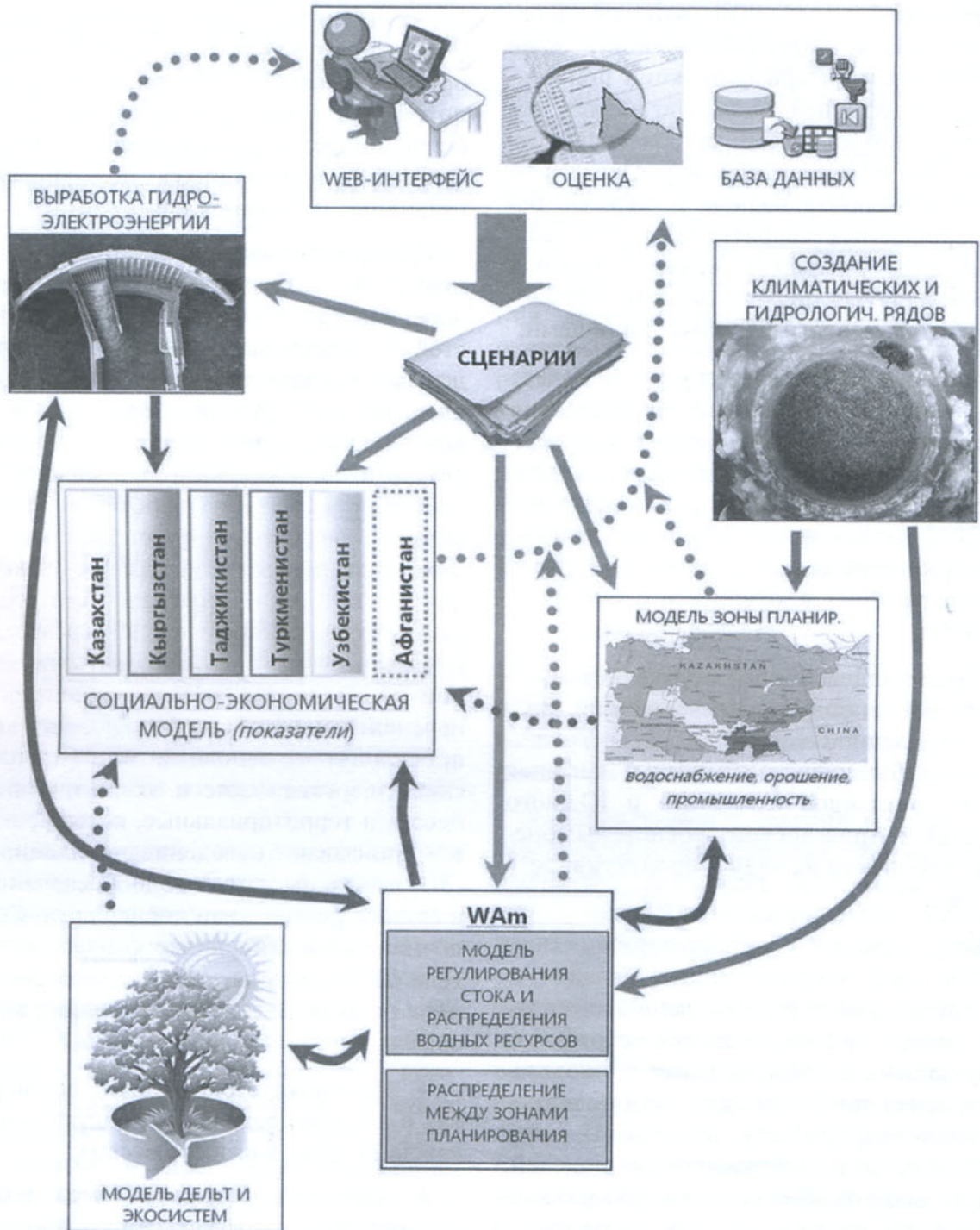


Рис. 1. Элементы ASBmm