

СЕКЦИЯ I. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ БАСЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ

А. Леннартс, С. Ганн, У. Смит

Проект по трансграничным водам и энергетике / PA Consulting Group

Введение: поддержка ЮСАИД водно-энергетического сектора ЦАР. Стратегия миссии ЮСАИД в Центральной Азии (ЮСАИД/ЦАР) состоит в содействии улучшению управления важнейшими природными ресурсами. Эта стратегия реализуется Программой совершенствования управления природными ресурсами в Центральной Азии (NRMP). В рамках этой Программы действует Проект по трансграничным водам и энергетике (TWER), поддерживающий мероприятия, призванные улучшить сотрудничество в области водно-энергетических ресурсов в бассейне реки Сырдарья. Ниже описывается проводимая в настоящее время при участии специалистов в области эксплуатации работа по выработке инструментария принятия решений по эксплуатации основных элементов водохозяйственной системы бассейна реки Сырдарья. Инструментарий принятия решений разрабатывается как часть процесса управления, осуществляемого управляющими организациями, и никаких коренных изменений существующей системы не предлагается.

Нынешняя ситуация: водно-энергетическая инфраструктура. Ирригационные сооружения в бассейне Сырдарьи включают водохранилища, отводные дамбы, насосные станции и крупные каналы. С их помощью орошается около 410 тыс. га в Кыргызстане, 271 тыс. га в Таджикистане, 1833 тыс. га в Узбекистане и 786 тыс. га в Казахстане.

Река Нарын является главным притоком Сырдарьи, составляющим около 30% ее общего стока. Установленная мощность Нарынского каскада гидроэлектростанций в Кыргызстане составляет 2870 МВт. В каскад входят Токтогульское водохранилище и электростанция мощностью 1200 МВт, а также четыре ГЭС, расположенные ниже по течению реки Нарын: Курпсайская (800 МВт), Ташкумырская (450 МВт), Шамалдысайская (240 МВт) и Учкурганская (180 МВт). Годовая выработка электроэнергии составляет примерно 10600 ГВтч. Реки Карадарья и Чирчик являются другими крупными притоками Сырдарьи. В таблице 1 приведены основные водохранилища, расположенные в верхнем и среднем течении Сырдарьи.

Орошаемое земледелие. В пяти государствах бассейна Аральского моря принято делить год на два сезона: вегетационный (с апреля по сентябрь) и не вегетационный (с октября по март); далее в отчете они будут упоминаться как летний и зимний сезоны. Основной озимой культурой является пшеница (сев производится в октябре-ноябре, а сбор урожая в мае-июне). Остальные культуры, в основном хлопок и кормовые культуры, выращиваются летом. За последние десять лет площади, отводимые под пшеницу, увеличились (на 30% орошаемых площадей), а посевы хлопчатника и кормовых культур сократились (до 35% и 10% соответственно).

Таблица 1
Объемы водохранилищ – бассейн реки Сырдарья

водохранилище	страна	река	Общий объем млрд. м ³	Полезный объем млрд. м ³
Токтогул	Кыргызстан	Нарын	19.5	14.0
Чардара	Казахстан	Сырдарья	5.2	4.7
Кайракум	Таджикистан	Сырдарья	3.4	2.5
Андижан	Узбекистан	Карадарья	1.9	1.75
Чарвак	Узбекистан	Чирчик	2.0	1.6
Прочие вдхр.			1.4	1.2
Всего			33.4	25.7

Все магистральные каналы в бассейне Сырдарьи работают по системе распределения, устанавливающей ежемесячные лимиты, которые могут быть снижены в маловодные годы. Это разумный подход в условиях относительного постоянства водной потребности. Основным источником воды является таяние снегов и ледников, а потребность в орошении возникает главным образом в летний период, когда выпадает мало осадков.

Энергетика. Центральноазиатская энергетическая система (ЦЭС) состоит из 85 электростанций с установленной мощностью почти 25000 МВт, из которых 9000 МВт вырабатывается на гидроэлектростанциях и около 16000 МВт на тепловых электростанциях. Большинство тепловых станций в Узбекистане и Туркменистане – это обычные паротурбинные станции, работающие на газе. В Кыргызстане и Таджикистане тепловые станции представляют собой теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), использующие различное топливо. Электростанции в южном Казахстане работают на угле.

Крупные гидроэлектростанции расположены в Кыргызстане (в основном это Нарынский каскад, 2870 МВт) и Таджикистане (4000 МВт, включая Нурекскую ГЭС мощностью 3000 МВт). Основные электростанции и центры нагрузки соединены 500-киловольтными линиями электропередачи. В советское время эта региональная сеть работала как единая система, управляемая объединенным диспетчерским центром (ОДЦ) в Ташкенте. Избыточная электроэнергия гидроэлектростанций замещала тепловую энергию в летнее время, а зимой Кыргызстан и Таджикистан импортировали энергию тепловых станций. В зимний период Кыргызстан и Таджикистан также импортировали топливо для своих ТЭЦ. С начала 1990-х годов по настоящее время электростанции в пяти странах бассейна Аральского моря эксплуатируются во многом как пять независимых энергосистем. Тем не менее, ОДЦ по-прежнему руководит энергетическим обменом, хотя и в меньшей степени по сравнению с периодом 1980-х, а гидроэлектростанции продолжают обеспечивать регулирование частоты и стабильность системы.

Кыргызстан по-прежнему импортирует топливо зимой и экспортирует избыточную гидроэнергию летом в рамках ежегодных соглашений с Узбекистаном и Казахстаном. Но сокращение поставок природного газа и угля привело к росту потребления электроэнергии для нужд бытового отопления и сферы обслуживания. Чтобы удовлетворить эти потребности Кыргызстан эксплуатирует Токтогульское водохранилище на реке Нарын таким образом, чтобы увеличить выработку гидроэлектростанций в зимнее время. В результате этого зимние попуски в 1990-х годах увеличились по сравнению с более ранним периодом, а для Кыргызстана и стран низовья возникла необходимость найти баланс между энергетическими и ирригационными потребностями.

Аральское море. Высыхание Аральского моря в результате отвода воды из рек Сырдарья и Амударья для нужд орошения вызывает озабоченность мирового сообщества. Изменение эксплуатационного режима Токтогульского водохранилища привело к резкому увеличению зимнего притока в водохранилища Кайракум и Чардара. Однако в зимнее время в русле реки ниже Чардары образуются ледяные заторы, в результате чего вода, столь необходимая дельте Аральского моря, сбрасывается в Арнасайскую впадину в Узбекистане. Одной из задач водохозяйственного управления в бассейне Сырдарьи является более эффективная работа водохранилищ Кайракум и Чардара для регулирования избыточного попуска воды из Токтогульского водохранилища.

Соглашения о разделе водных ресурсов. Раздел воды между пятью государствами бассейна Аральского моря был произведен в советское время путем принятия в 1980-х годах ряда постановлений и протоколов. 1 февраля 1992 года, в первый же год независимости, пять стран бассейна Аральского моря договорились придерживаться раздела трансграничных водных ресурсов согласно Протоколу 413 по Сырдарье и Протоколу 566 по Амударье. Страны бассейна также решили создать Межгосударственную координационную водохозяйственную комиссию (МКВК) – орган, ответственный за сезонное распределение воды. Далее было решено, что речные водохозяйственные организации бассейна – БВО "Сырдарья" и БВО "Амударья" – войдут в структуру МКВК в качестве исполнительных органов, контролирующих распределение воды. Позднее был создан Научный информационный центр (НИЦ) МКВК.

Протокол 413 Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР (1984) предусматривает годовое распределение воды между странами бассейна Аральского моря, но сезонное распределение в нем не предусмотрено. Однако лимиты, определяющие сезонный и ежемесячный забор воды на каждом головном сооружении и в каждой точке, где каналы пересекают государственные границы, унаследованы с советских времен и приняты государствами. Таким образом, на регулярных заседаниях МКВК страны имеют возможность согласовать сезонное распределение воды без особых проблем для Сырдарьи и Амударьи, хотя страны верховья – Кыргызстан и Таджикистан – по-прежнему отстаивают свое право расширять площади орошаемого земледелия и увеличивать свою долю водных ресурсов в будущем. Реализация этих договоренностей о разделе воды не всегда происходит по плану

из-за неопределенности в наличии этого ресурса, и потребители в низовье оказываются в менее выгодном положении во времена водного дефицита.

Особый интерес представляет Токтогульское водохранилище и необходимость достижения баланса между выработкой электроэнергии и ирригационными нуждами. В первой половине 1990-х годов прибрежные страны заключили ряд ежегодных соглашений о водно-энергетическом обмене между странами верхней и нижней зоны бассейна реки Сырдарья. В 1996 году главы государств решили придать этим соглашениям более официальный характер. Миссия ЮСАИД/ЦАР предоставила техническое содействие для участия министерских делегаций в различных встречах и заседаниях за круглым столом, приведших к подписанию 17 марта 1998 года Рамочного соглашения между Казахстаном, Кыргызстаном и Узбекистаном об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья. 19 июня 1998 года к этому соглашению присоединился Таджикистан. С тех пор Рамочное соглашение 1998 года служит основой для ежегодных договоренностей об энергетическом, топливном и водном обмене.

Организации по управлению водно-энергетическими ресурсами. МКВК осуществляет управление водными ресурсами на региональном уровне. В Комиссию входят представители водохозяйственных организаций пяти стран. БВО "Сырдарья" управляет стоком реки Нарын (ниже каскада), а также рек Карадарья, Чирчик и Сырдарья до водохранилища Чардара.

Центральный офис БВО находится в Ташкенте, а четыре отделения, заведующие различными участками системы, расположены в Куйганьаре, Гулистане, Чирчике и Чарваке в Узбекистане. Это БВО в основном контролирует забор воды головными сооружениями на крупных каналах и прилегающих к ним коротких участках канала, за исключением магистральных межгосударственных каналов, которые контролируются БВО на всем их протяжении в пределах Узбекистана. Но БВО не управляет водохранилищами. Токтогульское водохранилище эксплуатируется кыргызским акционерным обществом АО "Электрические станции". Другие водохранилища в основном находятся в ведении национальных водохозяйственных или энергетических агентств.

Водоохранилище Чардара и участок Сырдарьи от водохранилища до Аральского моря расположены на территории Казахстана и находятся в ведении Арал-Сырдарьинского БВО. Это казахская государственная организация, действующая при Комитете водных ресурсов Казахстана. Главный офис БВО размещен в Кызыл-Орде, а его филиал – в Шымкенте. Это БВО контролирует главные водозаборные сооружения и насосные станции, а также два магистральных коллектора, сбрасывающие воду обратно в Сырдарью. Местные дренажные сооружения и отстойники (сбросные колодцы) находятся в ведении местных организаций.

Управление водными ресурсами. Вода распределяется пропорционально, в соответствии с лимитами каналов: эта система применяется для сооружений межгосударственного значения, на головных сооружениях каналов и в пределах орошаемой зоны канала. Следует отметить, что вода распределяется, но не доставляется по требованию. Каждые шесть месяцев БВО "Сырдарья" и НИЦ МКВК готовят планы на предстоящий сезон (летний или зимний) по согласованию с министерствами четырех стран. В этих планах содержится оценка наличия водных ресурсов, эксплуатационные режимы водохранилищ на реке Сырдарья и доля воды, выделяемая каждому из четырех государств. Имеющиеся водные ресурсы должны обеспечить отвод воды по каналам в среднем и нижнем течении Сырдарьи, сток в Аральское море, потери в каналах в нижнем течении реки в Казахстане, а также экологические попуски в дельту Аральского моря.

В течение сезона БВО "Сырдарья" вынуждена корректировать и реализовывать эти водохозяйственные планы в условиях неточных данных об имеющихся водных ресурсах и не имея достаточных полномочий, чтобы контролировать работу водохранилищ, водоподъемных плотин и головных сооружений каналов. Первая задача БВО – определить сезонный объем воды, поступающей из следующих источников:

- Попуски воды, которые будут выпускаться из Токтогульского водохранилища АО "Электрические станции" в соответствии с ежегодными соглашениями между Узбекистаном и Кыргызстаном и между Казахстаном и Кыргызстаном.
- Попуски воды, которые будут выпускаться из Кайракумского водохранилища таджикским энергетическим агентством (Барки Тоджик) в соответствии с ежегодным соглашением между Узбекистаном и Таджикистаном.
- Вода, накопленная в других крупных водохранилищах (Андижан, Чарвак и Чарадара), которая может быть использована в течение сезона.
- Приток в периферийные водохранилища Андижан и Чарвак, используемые для годового регулирования.

- Боковая приточность в реки ниже периферийных водохранилищ за счет малых притоков и возвратных вод.

Баланс между предполагаемым водным обеспечением и потребностью может быть достигнут частично за счет изменения попуска из Токтогульского водохранилища. Летом 1998 и 2002 гг. попуск из Токтогула был сокращен до 3,7 млрд. м³ и 3,6 млрд. м³ соответственно, по сравнению с обычным попуском в 6 млрд. м³. В ином случае, если воды недостаточно для полного удовлетворения экологических и ирригационных потребностей, запланированный водозабор воды по каналам уменьшается согласно общего коэффициента. Если воды больше, чем достаточно, корректировка не проводится. В период маловодья допуск на сток в Аральское море и экологические попуски также уменьшается.

Приток в периферийные водохранилища и боковую приточность невозможно определить до начала сезона, поэтому БВО полагается на прогнозы гидрометеорологических служб. Приведенная выше таблица 2 наглядно иллюстрирует проблему такого прогноза: в ней сравниваются прогнозы и то количество воды, которое в итоге поступило летом 2000 года. Из таблицы 2 видно, что количество воды, ожидаемое летом 2000 года, составляло по прогнозу 27,1 млрд. м³ или 92% среднегодовой нормы, но фактически поступило лишь 21,5 млрд. м³ – 73% среднегодовой нормы и на 5,6 млрд. м³ меньше ожидаемого. Фактически, без учета притока в Токтогульское водохранилище, контролируемое другими агентствами, БВО получило всего 72% ожидаемого объема воды или 62% среднегодовой нормы.

Эксплуатация Токтогульского водохранилища. Токтогульское водохранилище с полезным объемом 14 млрд. м³ и среднегодовой приточностью 12,4 млрд. м³ может эксплуатироваться почти в любом желаемом режиме срабатывания водохранилища. В период с 1976 по 1990 гг. у эксплуатационников не было причин увеличивать зимнюю выработку электроэнергии на Нарынском каскаде, и зимние попуски в среднем составляли 20 процентов притока. Разница между выработкой каскада и зимней потребностью в электроэнергии в Кыргызстане покрывалась за счет поставок топлива для кыргызских ТЭЦ из других союзных республик, а также за счет поставок электроэнергии по центральноазиатской сети ЛЭП. В начале 1990-х годов, после обретения независимости, ввиду неопределенности в поставках топлива, потребители стали пользоваться электричеством для отопления. Это привело к резкому увеличению нагрузки в городских распределительных системах и к большим потерям электричества. Сегодня зимняя потребность в электроэнергии в Кыргызстане гораздо выше, чем в 1980-е годы. Потребление в обычный день зимой в три раза выше, чем в летний период.

Таблица 2

Прогнозируемые и фактические объемы воды (млн. м³): лето 2000 г.

Водные ресурсы	Средний объем	Прогноз на 2000 г.	Фактически в 2000 г.	Разница
Приток в периферийные водохранилища				
Приток в Токтогульское вдхр.	9391	9960	9123	-837
Приток в Андижанское вдхр.	2909	2530	1006	-1524
Приток в Чарвакское вдхр.	5107	4348	3813	-535
Река Угам	521	474	379	-95
Суммарная приточность в водохранилища + р. Угам	17928	17312	14321	-2991
Боковая приточность:				
Нарын/Сырдарья:				
Токтогул - Кайракум	4743	4158	2478	-1680
р. Карадарья ниже Андижана	2435	2213	2328	-115
р. Сырдарья: Кайракум-Чардара	3178	2609	1439	-1170
р. Чирчик ниже Газалкента	1012	790	936	-146
Суммарная боковая приточность	11368	9770	7181	-2589
Общий объем водных ресурсов	29296	27082	21502	-5580
Всего, исключая приток Токтогула	19905	17122	12379	-4743

Источник: данные о средней и прогнозируемой приточности взяты из Бюллетеня МКВК за июль 2000 г., а данные о фактической приточности предоставлены БВО.

С 1991 по 2002 гг. зимний попуск из Токтогульского водохранилища в среднем составил 55 процентов годового притока. Это позволило увеличить зимнюю выработку электроэнергии, однако раз-

ница между спросом и предложением не может быть покрыта существующими ТЭЦ. Проведенное недавно исследование¹² показало, что эксплуатация Токтогульского водохранилища в экстремальном энергетическом режиме не решит проблему зимнего дефицита энергии в Кыргызстане. Увеличение выработки электроэнергии зимой просто сводилось бы на нет сокращением избыточной летней энергии, которую можно обменивать на топливо, поставляемое из стран низовья.

Для эксплуатации водохранилища АО "Электрические станции" пользуется прогнозами приточности на предстоящий сезон (прогнозы составляет Гидромет Кыргызстана). Однако такие прогнозы делать сложно, и в целом они недостаточно надежны, чтобы на их основании можно было с уверенностью принимать оперативные решения. Кроме того, Узбекистан и Казахстан подают заявки на летние попуски только после окончания основного пикового зимнего периода потребления энергии (с декабря по март). Следовательно, АО "Электрические станции" трудно планировать зимние попуски таким образом, чтобы избежать переполнения или истощения водохранилища следующим летом.

Изменения, произошедшие в 1992 году в сезонных попусках из водохранилища, значительно осложняют ситуацию, поскольку теперь максимальная приточность и максимальное срабатывание приходится на разное время года. Это увеличивает вероятность того, что водохранилище наполнится до предела, что даст большой избыток летней энергии, которую, возможно, будет трудно продать, при этом теряется возможность увеличить выработку зимней электроэнергии. С другой стороны, существует риск опорожнения водохранилища зимой.

Примером дилеммы, стоящей перед АО "Электрические станции", служит ситуация, сложившаяся зимой 2002/03 года. В начале зимнего сезона уровень водохранилища был относительно высоким – 17,5 млрд. м³. Однако оператор водохранилища не имел представления о том, каков может быть летний приток в водохранилище или летняя потребность в 2003 году. Последнее зависит от объема притока в периферийные водохранилища Андижан и Чарвак, а также от боковой приточности за счет малых притоков и возвратных вод ниже периферийных водохранилищ. Попуски для производства электроэнергии зимой 2002/03 года приведут к снижению уровня водохранилища до примерно 12,0 млрд. м³ к концу зимнего сезона. Принимая решение о зимних попусках, АК "Электростанции" должна рассмотреть два крайних сценария:

- Если приток летом 2003 года будет низким – 7 или 8 км³, что не редкость, а попуски относительно высокими – 6-7 км³ (что тоже не редко случается в последние годы), тогда за лето уровень водохранилища почти не восстановится. Зимние попуски в объеме 8 млрд. м³ и скромная зимняя приточность в 3 млрд. м³ приведут к тому, что к концу зимы 2004 года уровень воды в водохранилище достигнет 7 млрд. м³, что приближается к мертвому объему 5,5 млрд. м³.
- Если летняя приточность в 2003 году будет высокой – порядка 12 кубических километров, а попуски небольшими – 3,5 км³, то до окончания летнего сезона 2003 г. водохранилище наполнится до предела, и придется производить незапланированные попуски. Последнее действительно возможно, т.к. в этом сезоне общая обеспеченность водными ресурсами из других источников может оказаться достаточной для удовлетворения ирригационных потребностей стран низовья.

При отсутствии надежных прогнозов приточности и оттока, операторы водохранилища могут использовать для принятия решений только один известный параметр: объем воды в водохранилище на данный момент. В самом деле, изучение работы Токтогульского водохранилища с 1993 года показывает, что именно так эксплуатировалось это водохранилище; когда объем воды был относительно высоким выработка электроэнергии зимой увеличивалась, а когда объем был низким производство электроэнергии сокращалось.

В последнее время водохранилище успешно эксплуатируется, не переполняясь и не опустошаясь. Но такому равновесию способствует высокая приточность в водохранилище на протяжении ряда лет, особенно после того, как уровень воды опускался до опасно низкой отметки (в 1998 и 2002 годах). Кроме того, хотя зимняя выработка несколько сократилась в 1998/99 и 2001/02 годах, гораздо более значительное сокращение летних попусков стало возможно благодаря более высокой, чем средняя, приточности в периферийные водохранилища Андижан и Чарвак, а также благодаря высокой боковой приточности в бассейн Сырдарьи за счет небольших рек-притоков.

Эксплуатация других водохранилищ. Андижанское водохранилище (полезный объем 1,8 млрд. м³) накапливает воду в начале лета (май-июнь) и срабатывается в июне-июле. Но в некоторые годы

¹ Раздел 3.4 отчета "Оценка гидроэнергетических проектов Камбарата 1 и Камбарата 2", подготовленного PA Consulting Group для ЮСАИД в марте 2003 года.

водохранилище не наполняется из-за низкой приточности, а в другие годы воды в нем может быть достаточно для использования в последующие годы.

Чарвакское водохранилище (полезный объем 1,6 млрд. м³) накапливает воду рек с апреля по июнь, хотя за этот период водохранилище редко заполняется до рабочего объема. Попуски воды производятся в основном с июля по сентябрь, при этом пик попусков приходится на июнь-июль. Водоохранилище редко сбрасывается до конца к завершению основного поливного сезона (конец сентября), и вода в нем сохраняется для производства электроэнергии в зимнее время.

Кайракумское водохранилище (полезный объем 2,6 млрд. м³) имеет эксплуатационные ограничения, в настоящее время не позволяющие использовать весь потенциал рабочего объема. Водоохранилище используется для попусков воды во время пика поливного сезона в соответствии с ежегодными соглашениями между Таджикистаном и Узбекистаном. В конце лета водохранилище снова полностью заполняется, чтобы обеспечить максимальную выработку электроэнергии в зимние месяцы.

Водоохранилище Чардара (полезный объем 4,7 млрд. м³) заполняется до предела к началу пика поливного сезона в мае и сбрасывает воду в течение сезона орошения, достигая минимального объема к концу сентября. Однако водохранилище сразу же начинает заполняться снова и к началу декабря заполняется уже на четверть, а к концу декабря – более чем на половину.

С 1990-х годов вышеупомянутые водохранилища эксплуатировались более независимым образом, продиктованным национальными интересами. Это приводит к увеличению зимнего сброса воды из Токтогульского водохранилища в Арнасайскую впадину в Узбекистане. С 1992 года эти ежегодные сбросы привели к накоплению 30 млрд. м³ воды. Более предсказуемый режим работы Токтогульского водохранилища и синхронизированная эксплуатация нижних водохранилищ позволили бы уменьшить эти ежегодные сбросы до приемлемого уровня.

Эксплуатационные правила для Токтогульского водохранилища. Обоснование предлагаемых правил. Многие проблемы, связанные с ежегодными переговорами о водно-энергетическом обмене, а также трудности, с которыми сталкиваются руководители водной и энергетической отраслей при составлении сезонных планов могли бы уменьшиться, если бы эксплуатация Токтогульского водохранилища была более предсказуемой. Хотя объем водохранилища позволяет выравнять колебания годовой приточности, его объем все же недостаточно велик для полного регулирования ежегодных изменений притока. Даже если эксплуатировать водохранилище таким образом, что долгосрочные попуски будут равны долгосрочной приточности, оно время от времени будет полностью опустошаться, а иногда летний отток будет столь велик, что продавать избыточную электроэнергию будет сложно.

Концепция "нормативных кривых" для эксплуатации водохранилища, когда принимаемые решения зависят от объема на данный момент, является обычной; были проведены испытания таких эксплуатационных норм с целью выяснить, могут ли они успешно применяться для Токтогульского водохранилища. Стабильный эксплуатационный режим должен устанавливать согласованный план среднегодовых попусков, который был бы меньше среднегодовой приточности. Распределение попусков по сезонам также должно быть согласовано, поскольку в зимних попусках заинтересован Кыргызстан, а в летних – Узбекистан и Казахстан. Приток за вычетом потерь водохранилища в среднем составляет 12 млрд. м³. Ежегодный плановый попуск должен быть меньше – возможно 11 млрд. м³. С 1993 года попуски из водохранилища в летний период составляли в среднем 5,5 млрд. м³. Если принять этот объем в качестве плана для летнего пуска, то остается еще 5,5 млрд. м³ на зимние попуски, которые Кыргызстан должен будет осуществлять по месяцам для удовлетворения энергетических потребностей.

В летнее время другие источники воды в среднем течении Сырдарьи, такие как речные притоки и боковая приточность, могут иметь различный объем. Поэтому попуски из Токтогула иногда должны быть больше, а иногда меньше среднего объема в 5,5 млрд. м³. БВО "Сырдарья" должна иметь возможность запрашивать уменьшение попусков из водохранилища, когда в бассейне имеется достаточное количество других водных ресурсов. Оставшуюся в водохранилище воду БВО могла бы использовать в последующие годы. Можно вести учет воды, которую БВО оставила в водохранилище, как бы "положив ее в банк".

Необходимо построить нормативные кривые, чтобы определить: (а) какие действия следует предпринять, когда уровень водохранилища приближается к наивысшей отметке, и (б) что делать, когда водохранилище близко к опорожнению. Подводя итог вышесказанному, стабильная эксплуатация Токтогульского водохранилища достижима путем принятия простого набора следующих эксплуатационных принципов:

- Среднегодовые попуски должны быть меньше средней приточности (минус потери водохранилища).
- Плановые зимние попуски (нужные в основном для выработки электроэнергии акционерным обществом "Электрические станции") и средние летние попуски (нужные в основном для орошения в Узбекистане и Казахстане) должны быть твердыми и согласованными.
- Необходимо установить автоматические механизмы для:
 - (а) увеличения согласованных зимних ежемесячных попусков, если уровень водохранилища высок и существует риск, что он будет высоким в летний период;
 - (б) уменьшения попусков, если уровень водохранилища низок и существует риск опорожнения водохранилища.
- В пределах имеющегося объема и придерживаясь согласованной долгосрочной средней нормы, летние попуски из года в год должны меняться в зависимости от потребностей пользователей в низовье, путем "банковского" хранения воды в водохранилище.

Эксплуатационные правила. Описанные ниже эксплуатационные правила являются предварительными и подлежат дальнейшей доработке. Значения сезонных и месячных попусков были взяты исключительно для проверки этих правил и демонстрации их применения. Эти величины можно считать верными, но они не являются рекомендуемыми значениями.

1. Ежемесячный график зимних попусков будет определяться энергетическими потребностями. Для каналов на реке Нарын потребуются минимальные попуски, но правила проверялись, исходя из плановых попусков, сходных с попусками за прошедшие несколько лет:

<u>месяц</u>	<u>минимум</u>	<u>план</u>
октябрь	150 м ³ /с	210 м ³ /с
ноябрь	70 м ³ /с	300 м ³ /с
декабрь	40 м ³ /с	400 м ³ /с
январь	100 м ³ /с	430 м ³ /с
февраль	120 м ³ /с	410 м ³ /с
март	200 м ³ /с	350 м ³ /с

2. Ежемесячный график летних попусков будет поддерживаться АО "Электрические станции", исходя из запросов БВО "Сырдарья", в рамках следующих нормативов:
 - a. Средний сезонный совокупный попуск не должен превышать 5,5 млрд. м³.
 - b. Минимальные месячные попуски для каналов реки Нарын будут следующими (правила проверялись, исходя из плановых попусков, сходных с попусками за прошедшие несколько лет):

<u>месяц</u>	<u>минимум</u>	<u>план</u>
апрель	250 м ³ /с	330 м ³ /с
май	230 м ³ /с	250 м ³ /с
июнь	320 м ³ /с	360 м ³ /с
июль	400 м ³ /с	480 м ³ /с
август	360 м ³ /с	440 м ³ /с
сентябрь	180 м ³ /с	220 м ³ /с

3. Плановые летние и зимние попуски из водохранилища будут меняться, если уровень воды в водохранилище низкий или высокий; объем воды, определяющий изменение планового пуска, будет называться пусковым объемом (Trigger Storage). Для условий низкого уровня воды будут применяться две нормативные кривые: нижняя кривая и самая нижняя кривая, и две кривые для условий высокого уровня воды: верхняя кривая и самая верхняя кривая:
 - a. Если уровень воды в первый день месяца находится между нижней и верхней кривыми, тогда в этом месяце будет осуществляться плановый попуск.
 - b. Если уровень воды в первый день месяца находится между верхней и самой верхней кривыми, тогда в этом месяце плановый месячный попуск будет умножаться на коэффициент верхней кривой. Проверялось 25-процентное увеличение с ноября по март.

- c. Если уровень воды в первый день месяца находится выше самой верхней кривой, тогда в этом месяце плановый месячный попуск будет умножаться на коэффициент самой верхней кривой. Проверялось 40-процентное увеличение с ноября по март.
 - d. Если уровень воды в первый день месяца находится между нижней и самой нижней кривыми, тогда в этом месяце плановый месячный попуск будет умножаться на коэффициент нижней кривой. Проверялось 10-процентное сокращение в течение всех месяцев.
 - e. Если уровень воды в первый день месяца находится ниже самой нижней кривой, тогда в этом месяце плановый месячный попуск будет умножаться на коэффициент самой нижней кривой. Проверялось 20-процентное сокращение в течение всех месяцев.
4. БВО "Сырдарья" имеет право запрашивать изменения попусков в летние месяцы со следующими ограничениями:
- a. АО "Электрические станции" будет вести учет воды в водохранилище в виде баланса сокращений и увеличений летних попусков, производимых по требованию потребителей в низовье. Этот учет будет называться Водным банком.
 - b. Увеличение попусков будет допустимо только в том случае, если в водохранилище останется вода в результате сокращения плановых попусков.
 - c. Если в зимние месяцы произойдет превышение плановых попусков по причине действия верхней или самой верхней кривой, тогда дополнительный объем попуска будет вычитаться из подсчитанного объема воды в Водном банке.
 - d. Если по причине действия нижней или самой нижней кривой произойдет сокращение плановых попусков, то это сокращение попусков не будет прибавляться к объему в Водном банке.

Пользователи в низовье не будут иметь права требовать дополнительных попусков из Водного банка в течение какого-либо месяца, когда задействована нижняя или самая нижняя нормативная кривая.

Пробное моделирование, в котором использовались имеющиеся замеры стока, начиная с 1912 года, показало, что применение данного набора жестких правил делает эксплуатацию водохранилища стабильной. За 91-летний период моделирования было обнаружено, что можно полностью избежать опорожнения водохранилища и сократить годы переполнения до минимума.

Если данные правила были бы приняты и согласованы государствами бассейна реки Сырдарья, то и АО "Электрические станции", и БВО "Сырдарья" оказались бы в более выгодном положении, имея больше уверенности в правильности своих водохозяйственных решений. Те, кто отвечает за работу Токтогульского водохранилища, не опасались бы обвинений в случае нехватки воды или чрезмерных сбросов. Энергетики имели бы возможность заранее прогнозировать количество гидроэлектроэнергии, которое можно получить в предстоящие месяцы. А водники и руководители речного хозяйства также могли бы прогнозировать объемы воды, получаемые из водохранилища, но, кроме того, они могли бы рассчитывать на использование многолетних запасов воды водохранилища без необходимости переговорного процесса.

Инструментарий принятия решений для среднего течения Сырдарьи. В то время как твердые и согласованные эксплуатационные правила вполне подходят для Токтогульского водохранилища, руководители в среднем течении реки – БВО "Сырдарья" – должны обладать значительной гибкостью в работе, чтобы иметь возможность реагировать на меняющийся уровень обеспеченности водными ресурсами. Обязанности БВО "Сырдарья" по поставкам воды хорошо осознаются и закреплены решениями МКВК. Управление бассейновой водохозяйственной организацией "Сырдарья" значительно усовершенствовалось со времени ее создания, но в трудные времена ей приходится справляться с нехваткой финансирования и ухудшением инфраструктуры (особенно коммуникационной). Процесс принятия решений в течение сезона можно значительно облегчить, используя инструментальный принятие решений. Этот инструментальный, что тоже немаловажно, помогает принять трудные, но порой необходимые решения о сокращении водных поставок.

Разработка инструментария принятия решений. Программа ЮСАИД по совершенствованию управления природными ресурсами (NRMP) в последние годы работала с БВО "Сырдарья" в области модернизации водохозяйственного планирования и мониторинга. Программа NRMP предоставила системы управления данными; эти системы фиксируют и отображают данные о ежедневном стоке рек и каналов в формате, который помогает руководителям в принятии решений. Следующим этапом этой программы является помощь руководителям в подготовке своевременных и более точных планов на летний сезон и в осуществлении внутри сезонных корректировок.

БВО должна принимать своевременное решение о том, насколько сократить поставку воды в маловодные годы – так, чтобы фермеры могли знать об этом заранее. Весной БВО должна также решить, сколько воды потребуется в летний поливной сезон из Токтогульского водохранилища. В данном документе содержатся некоторые идеи о том, как составлять подобные прогнозы на основании наблюдаемых данных о стоке, избегая полной зависимости от прогнозов, сделанных на основании толщины снежного покрова.

Этот инструментарий принятия решений годится только для основных орошаемых площадей в средней зоне бассейна Сырдарьи. Малые притоки, такие как реки Сох и Исфара в Ферганской долине управляются местными организациями; в некоторых случаях имеет место трансграничный обмен. Однако они не имеют отношения к управлению основными ресурсами. Орошение в верхнем течении рек в Кыргызстане выше Токтогульского и Андижанского водохранилищ, а также в нижнем течении в Казахстане ниже водохранилища Чардара, также осуществляется местными организациями. Приведенный ниже анализ касается рек, управляемых БВО "Сырдарья", включая:

1. Реку Карадарья ниже Андижанского водохранилища;
2. Реку Нарын ниже Токтогульского водохранилища;
3. Реку Чирчик ниже Чарвакского водохранилища;
4. Главное русло реки Сырдарья выше водохранилища Чардара.

Был сделан анализ замеров месячного притока в периферийные водохранилища Андижан и Чарвак, чтобы определить, является ли приточность в начале летнего сезона показателем общего сезонного объема водных ресурсов. Был также составлен водный баланс для определения боковой приточности, которая не полностью измеряется и учитывается. Эти анализы позволили сделать два вывода, имеющих особую важность для составления прогнозов и разработки инструментария принятия решений.

1) Из года в год характер месячного притока в эти два периферийных водохранилища в летний период является сходным, и можно построить семейство кривых, отражающих картину приточности водохранилищ в течение сезона. Эта картина не совсем ясно отображается с помощью данных ежемесячного стока, но становится более наглядной благодаря диаграммам нарастания объема в течение сезона.

2) В летний период объем боковой приточности в бассейн Сырдарьи за счет малых притоков и возвратных вод ниже периферийных водохранилищ примерно равен объему приточности в Андижанское и Чарвакское водохранилища.

Очевидно, что приточность в ранние летние месяцы указывает на объем общей сезонной приточности. Следовательно, приточность в апреле дает предварительную картину, которая подтверждается приточностью в мае и затем снова сверяется с приточностью в июне и так далее.

Руководители могут использовать схему для расчета в начале летнего сезона по общей сезонной водообеспеченности в виде процента от среднегодовой нормы и уточнять этот расчет в последующие месяцы.

Для сезонного планирования БВО "Сырдарья" может исходить из предположения, что объем боковой приточности равен объему приточности водохранилищ Андижан и Чарвак.

Применение инструментария принятия решений. В конце апреля БВО "Сырдарья" произведет оценку всех имеющихся водных ресурсов на летний сезон, используя вышеописанный инструментарий. Следующим шагом будет распределение их между отдельными каналами и потребностями Казахстана и Аральского моря в согласованных пропорциях. Каждый месяц БВО будет проверять эти расчеты и уведомлять местных руководителей о любых корректировках в сторону увеличения или сокращения. Если общий прогнозируемый объем водных ресурсов меньше объема, который требуется для отвода воды по каналам плюс приток в Чардару, руководители могут решить потребовать увеличения стока из Токтогульского водохранилища, либо сократить водозабор по каналам. Иногда будут нужны обе эти меры. Если общий прогнозируемый объем превышает потребность, БВО "Сырдарья" может решить, что следует потребовать сокращения попусков из Токтогула, чтобы вода осталась в водохранилище для использования в последующие годы.

Принципы, заложенные в предлагаемом инструментарии принятия решений были проверены с использованием данных за предыдущие годы. Выяснилось, что прогноз наличия водных ресурсов быстро стабилизируется, и что корректировки, требующиеся в середине и в конце сезона, относительно невелики. Руководители смогут выявлять водный дефицит в более ранний период сезона, чем это можно было сделать в прошлом. Более того, использование инструментария даст БВО твердые доказательства в поддержку требования сократить водозабор воды по каналам, что всегда является непопулярной мерой.

Таблица 3

Сравнение средних объемов водных ресурсов с фактическими (млн. м³): лето 2000 г.

	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	ВСЕГО
Приточность в периферийные водохранилища							
средняя	1122	2159	2481	1785	934	564	9045
2000	753	1439	1128	835	599	443	5197
Боковая приточность							
средняя	2336	2229	1726	1377	1361	1218	10247
2000	1840	1208	1087	788	994	1265	7182
Всего							
средняя	3458	4388	4207	3162	2295	1782	19292
2000	2593	2647	2215	1623	1593	1708	12379
Процент	75%	60%	53%	51%	69%	96%	64%

Из таблицы 4 видно, как предлагаемый инструментарий принятия решений работал бы летом 2000 года. Уже в начале мая, на основании замеров притока в периферийные водохранилища Андижан и Чарвак в апреле, сезонный прогноз общего наличия водных ресурсов периферийных водохранилищах и боковой приточности был бы близок к фактическому объему, который был получен в итоге. По прошествии каждого месяца в расчетный объем вносились бы поправки, однако последующие расчеты в целом подтвердили первоначальную оценку, сделанную в мае.

Таблица 4

Прогнозы общего сезонного объема водных ресурсов (млн. м³)

Прогноз в начале	мая	июня	июля	августа	сентября	фактически
Приточность периферийных водохранилищ	5200	5800	5200	5200	5200	5197
Боковая приточность	7300	6600	6700	6700	6800	7182
Всего	12500	12400	11900	11900	12000	12379
Процент от среднего показателя	65%	64%	62%	62%	62%	64%

Выводы

В данном докладе представлены некоторые идеи о том, как помочь руководителям водохозяйственных организаций в бассейне Сырдарьи справиться с трудностями принятия решений. Он описывает, как улучшить управление водно-энергетическими ресурсами путем: (i) применения набора "нормативных кривых" для эксплуатации Токтогульского водохранилища; и (ii) использования практического инструментария для прогнозирования общего объема сезонных водных ресурсов из других источников, помимо Токтогульского водохранилища.

Для эксплуатации крупного Токтогульского водохранилища кыргызское акционерное общество "Электрические станции" пользуется прогнозами притока на предстоящий сезон (прогнозы составляет Гидромет Кыргызстана). Однако такие прогнозы делать сложно, и в целом они недостаточно точны, чтобы на их основании можно было с уверенностью принимать оперативные решения. Кроме того, страны низовья подают заявки на летние попуски только после зимнего пика потребления энергии в Кыргызстане. Следовательно, операторам водохранилища трудно планировать зимние попуски таким образом, чтобы избежать переполнения или опорожнения водохранилища следующим летом. Возникает необходимость в выработке набора твердых правил, диктующих режим эксплуатации водохранилища в любых обстоятельствах.

"Нормативные кривые", о которых пойдет речь в данном документе, применялись при моделировании эксплуатации водохранилища в течение 91-летнего периода, за который имелись данные о приточности. В настоящее время сотрудники АО "Электрические станции" и компании PA Consulting дорабатывают эти правила. Эксплуатация по таким правилам имеет следующие преимущества:

- Те, кто отвечает за работу водохранилища, могли бы уверенно эксплуатировать его в оптимальном техническом режиме, не боясь обвинений в случае нехватки воды или чрезмерных сбросов;
- Энергетики имели бы возможность заранее прогнозировать количество энергии и электричества, которое можно получить в предстоящие месяцы;

- Ирригаторы и руководители речного хозяйства также могли бы прогнозировать объемы воды, получаемые из водохранилища, и могли бы рассчитывать на использование многолетних запасов воды водохранилища без необходимости вести ежегодные переговоры.

БВО "Сырдарья", управляющая ресурсами в среднем течении, сталкивается с трудностями в (i) составлении как можно более ранних весенних прогнозов общего объема водных ресурсов в сезоне, помимо попусков из Токтогула, и (ii) изменении и реализации водохозяйственных планов на протяжении сезона в условиях неопределенности в наличии воды. Если расчеты в начале сезона оказываются слишком высокими и требуется резкое сокращение, это создает проблемы для ирригаторов.

Подход, описанный в данном документе, позволяет сделать более надежные расчеты. Он был выработан посредством анализа, который показывает, что замеры весенней приточности в Андижанское и Чарвакское водохранилища служат хорошим показателем общего сезонного объема водных ресурсов, формирующихся за счет приточности в периферийные водохранилища, а также показателем боковой приточности ниже периферийных водохранилищ, образующейся за счет малых рек-притоков и возвратного стока. Принципы, заложенные в предлагаемом инструментарии принятия решений, были проверены с использованием данных за предыдущие годы. Выяснилось, что прогноз наличия водных ресурсов требует лишь незначительной корректировки в середине и в конце сезона. Более того, необходимые корректировки можно сделать при помощи предлагаемого инструментария принятия решений. Использование такого инструментария дало бы следующие преимущества:

- Руководители, ответственные за ирригацию, смогут выявлять водный дефицит в более ранний период сезона, чем это было возможно в прошлом; инструментарий также помог бы обосновать трудные, но иногда необходимые решения о сокращении поставок воды;
- Руководители, ответственные за ирригацию, смогут раньше определить, сколько воды необходимо спустить из Токтогульского водохранилища в течение лета.

В сочетании с эксплуатацией Токтогульского водохранилища по нормативным кривым, данный подход может устранить многие трудности, связанные с ежегодными переговорами о водно-энергетическом обмене. Ответственные руководители стран бассейна смогут быстрее и с большей уверенностью договариваться о ежегодной реализации Соглашения 1998 года об использовании водно-энергетических ресурсов бассейна реки Сырдарья. Это принесло бы значительную пользу водному хозяйству бассейна, а также сократило бы расточительные сбросы в Арнасайскую впадину, наносящие большой экологический урон.

ВАРИАНТЫ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДОХРАНИЛИЩАМИ БАСЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬЯ

Д.А. Сорокин

Научно-информационный центр МКВК

Введение

На практике режимы водохранилищ ирригационно-энергетического назначения строятся на основании заранее принятых принципов и фиксированных правил с целью удовлетворения энергетических и ирригационных требований, которые задаются в виде попусков различной обеспеченности. Правилами предусматривается очередность удовлетворения требований, начиная с наиболее важных, и ввод ограничений. Как показывает проведенный анализ для бассейна реки Сырдарья (современные режимы) традиционные подходы к управлению водохранилищами и ГЭС мало эффективны, поскольку не учитывают особенности межгосударственного управления, основанного на принципах компромиссов и компенсаций, а также требования экологии.

В этой связи заслуживают внимания разработанные в НИЦ МКВК под руководством проф. В.А.Духовного подходы к интегрированному управлению и моделированию, а также первые опыты по поиску оптимальных ирригационно-энергетических режимов работы водохранилищ бассейна Сырдарья, которые осуществлялись на основе гидрологической бассейновой модели (период 20 лет).