
*Абдужалилов Файзулло Зиёдалиевич,
ассистент кафедры технологии
защиты информации ХГУ
им. акад. Б.Гафурова*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОПРОСОВ СОГЛАСОВАНИЯ ИНТЕРЕСОВ МЕЖДУ ИРРИГАЦИЕЙ И ГИДРОЭНЕРГЕТИКОЙ: ТРАНСГРАНИЧНЫЙ АСПЕКТ

Трансграничные проблемы использования водных ресурсов особенно остро проявляются в условиях регулирования стока рек водохранилищами. Как известно, страны верхнего течения - Таджикистан и Кыргызстан - заинтересованы в энергетическом режиме работы своих гидроузлов, т.е. в максимальной их выработке в зимний, наиболее дефицитный и холодный период. Поэтому страны верхнего течения, в результате перехода с энергетического режима на ирригационный, в действительности имеют потери зимней электроэнергии. Но при этом они получают эквивалентный избыток ее в летний, вегетационный период. Изменение режима сработки водохранилищ в интересах какой-либо стороны, как правило, должно сопровождаться соответствующим механизмом компенсации. Такая практика существовала при Советском Союзе, когда дефицит электроэнергии в зимний период восполнялся дополнительными поставками ГСМ, газа и т.п.

Для бассейна р. Сырдарья, в зону формирования стока которой входят Токтогульская (Кыргызстан), Андижанская (Узбекистан) и Кайраккумская (Таджикистан) ГЭС с регулирующими водохранилищами, метод реализуется следующим образом [1]. Вначале для всех трех вышеперечисленных гидроузлов определяются режимы работы, соответствующие национальным интересам. Расчеты этих режимов ведутся последовательно, сначала для самого верхнего, Токтогульского, затем среднего, Андижанского, и, наконец, самого нижнего - Кайраккумского гидроузла. При этом для Токтогульской и Андижанской ГЭС национальные режимы рассчитываются как для работы гидроузлов «в чистом поле», исходя только из естественной приточности рек Нарын и Карадарья, так как будто ниже этих гидроузлов нет никаких других стран и потребителей воды. В отличие от них, национальный оптимальный режим Кайраккумского гидроузла рассчитывается уже не по естественному притоку реки, а исходя из тех попусков, которые рассчитаны выше для

Токтогульского и Андижанского гидроузлов, скорректированных на боковую приточность и отборы воды в ирригационные каналы.

Таким образом, отсюда следует, что у государств Центральной Азии имеются в отношении трансграничного использования водных ресурсов свои собственные национальные интересы. При этом режимы сработки водохранилищ должны учитывать свои интересы и, в то же время, принимать во внимание такие же интересы других стран.

В результате последнего расчета определяется режим попусков из Кайраккумского водохранилища, в том числе объемы воды, которые могут быть использованы нижележащими странами в вегетационный период. Как показывает опыт, эти объемы и график подачи воды в вегетацию, рассчитанные только исходя из национальных интересов стран формирования стока, не будут отвечать интересам стран нижнего течения. Для обеспечения последних необходимо перерегулирование стока, изменение режима работы гидроузлов.

Если изменять режим сработки водохранилища в интересах трансграничных водопотребителей, необходимо принимать во внимание следующие аспекты:

- функционирование водохранилища связано с определенными затратами по его содержанию;
- возникает ущерб вследствие затопления посевных площадей и выбытия их из севооборота;
- увеличение попусков воды из водохранилища в летние месяцы вызовет дефицит электроэнергии в зимний период, когда потребность в ней возрастает.

С учетом приведенных аспектов, оптимизационная экономико - математическая модель будет иметь следующий вид [2].

Целевая функция - максимизация прибыли, полученной от производства сельскохозяйственной продукции, производства электроэнергии, за вычетом затрат на закупку дополнительной электроэнергии и на содержание водохранилища:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J X_{kj} P_j + q \sum_{t=1}^T G_t^3 f_t - \sum_{t=1}^T S_t - \sum_{t=1}^T \overline{G}_t^3 \overline{f}_t \rightarrow \max \quad (1)$$

Где

X_{kj} - площадь, занятая под j -ой сельскохозяйственной культурой, на k -м участке;

P_j - стоимость j - ой сельскохозяйственной культуры;

S_t – затраты на содержание водохранилища в t -м периоде;

$\overline{G}_t^3$ – объем электроэнергии, закупаемой в t -м периоде;

$\overline{f}_t$ – тариф на закупаемую электроэнергию в t -периоде.

При следующих ограничениях:

1. Баланс поступления и расхода воды в водохранилище в t -м периоде

$$Q_t^n + W_{(t-1)}^o = W_t^p + W_t^o \quad t = \overline{1, T} \quad (2)$$

$$W_t^p = G_t^3 + G_t^x \quad t = \overline{1, T} \quad (3)$$

Левая часть баланса представляет собой приходную часть, т.е.

Q_t^n – объем воды, поступивший в водохранилище в t -м периоде.

Этот объем воды зависит от режима сработки Токтогульского и Андижанского гидроузлов;

$W_{(t-1)}^o$ – объем воды в водохранилище, оставшийся в $(t-1)$ периоде.

Этот объем воды разделяется на расходную часть:

W_t^p – объем воды из водохранилища, расходуемый в t -м периоде;

W_t^o – объем воды, который остается в водохранилище и переходит в $(t+1)$ период.

При $t=1$ величина W_0^o означает объем воды в водохранилище, переходящий в этот год из предыдущего.

$$W_t^p = G_t^3 + G_t^x \quad t = \overline{1, T} \quad (4)$$

Где

G_t^3 – объем воды, проходящий через турбины ГЭС;

G_t^x – объем холостых попусков из водохранилища;

$\overline{f}_t$ – тариф на электроэнергию в t -периоде.

q – количество электроэнергии, произведенной при прохождении единицы объема воды через турбины ГЭС.

2. Ограничение по использованию водных ресурсов

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J X_{kj} \alpha_{tj} \leq W_t^p \quad t = \overline{1, T} \quad (5)$$

3. Ограничение по использованию сельскохозяйственных площадей на соответствующих участках

$$\sum_{j=1}^J X_{kj} \leq S_k \quad k = \overline{1, K} \quad (6)$$

4. Ограничение на используемую электроэнергию в t-периоде

$$G_t \leq qG_t^a + \overline{G_t^a} \leq \overline{G_t} \quad t = \overline{1, T} \quad (7)$$

Выполнение ограничений на потребление электроэнергии по периодам с учетом закупаемой электроэнергии.

5. Ограничение на требуемые объемы попусков водных ресурсов со стороны трансграничных водопотребителей в t-периоде

$$W_t^p - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J X_{kj} a_{tj} \geq R_t^p \quad (8)$$

Где R_t^p - требуемый объем попусков воды в t-м периоде.

В этом случае требуемый расход воды из водохранилища, в интересах потребителей, расположенных ниже по течению реки R_t^p , образуется за счет объема воды из водохранилища, расходуемой в t-м периоде, за вычетом объема воды, идущей на орошение сельскохозяйственных культур в соответствующих периодах.

6. Неотрицательность переменных

$$X_{kj}, G_t^a, \overline{G_t^a} \geq 0 \quad k = \overline{1, K}, \quad j = \overline{1, J} \quad t = \overline{1, T} \quad (9).$$

Решение по модели зависит от величины R_t^p , т.е. от выполнения требований потребителей, расположенных ниже по течению реки. В этом случае необходимо выработать экономический механизм согласования решений по нахождению оптимального варианта распределения водных ресурсов, иначе говоря, нахождение оптимального режима сработки водохранилищ в режиме сезонного регулирования стока.

Расчеты по приведенной оптимизационной экономико-математической модели (1) - (9) позволят определить объемы сработки водных ресурсов из водохранилища в режиме сезонного регулирования, оптимальную структуру посевных площадей и производство электроэнергии по периодам года.

Как известно, выработка электроэнергии на ГЭС определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = 9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H \cdot T$$

где:

$\mathcal{E}$ - выработка электроэнергии за время T , кВт/ч

η - КПД ГЭС,

Q - расход воды через турбины ГЭС, м³/сек,

H - напор ГЭС, м,

T - время работы ГЭС, час.

Объем воды, прошедшей через турбины ГЭС за это же время, равен:

$$W = Q \cdot t,$$

где:

t - время, сек.

Отсюда, учитывая, что:

$$t = 3600 \cdot T \quad 9,81 \cdot \eta = 8,0$$

можем рассчитать удельный расход воды ГЭС на выработку одного киловатт / часа электроэнергии:

$$q = \frac{W}{\mathcal{E}} = \frac{Q \cdot t}{9,81 \cdot \eta \cdot Q \cdot H \cdot T} = \frac{Q \cdot 3600 \cdot T}{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot T} \approx \frac{450}{H}, \text{ м}^3 / \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

По разработанной модели были произведены вариантыные расчеты с различными значениями величины Q_t^n (рис.1).

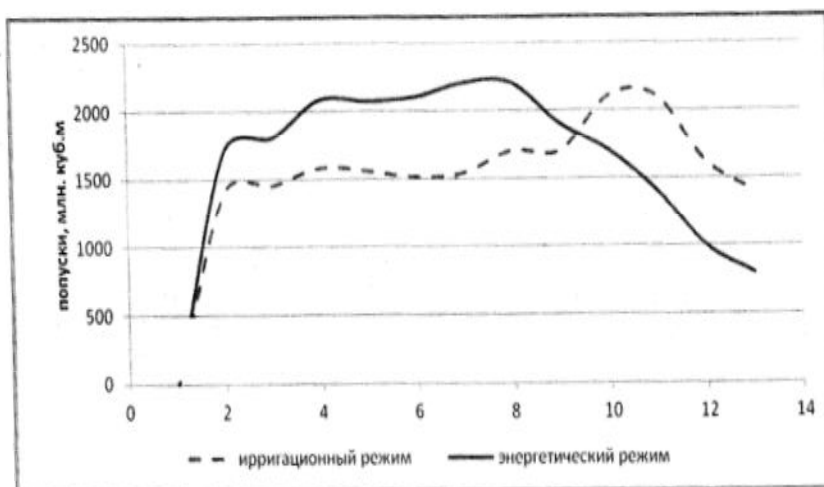


Рис. 1 Режим сработки Кайраккумского водохранилища (начало регулирования – с октября текущего года по сентябрь следующего года).

На рис. 1 показаны два варианта регулирования стока: ирригационный и энергетический. В данном случае национальный интерес представляет энергетический режим, когда увеличивается выработка электроэнергии в зимний период. Ирригационный режим предусматривает интересы орошаемого земледелия страны, находящейся ниже по течению. В случае, если эти режима затрагивают интересы других государств бассейна, изменение режимы их работы в пользу других, заинтересованных, государств должно предусматривать выработку соответствующих компенсаций.

Можно предложить следующий вариант согласования интересов стран, расположенных в бассейне реки.

I этап. Определим оптимальный план использования водных ресурсов для страны, находящейся выше по течению реки. Для этого решаем оптимизационную экономико-математическую модель (1) – (9). Обозначим значение целевой функции модели F_0 .

II этап. Определяем требуемые объемы попусков воды для соответствующих периодов в интересах страны, расположенной ниже по течению реки R_t^P .

III этап. Решаем модель (1) – (9). В этом случае обозначим через значение целевой функции F_1 . Тогда величина

$$\Delta F = F_1 - F_0 \quad (10)$$

определит экономический ущерб, нанесенный региону от изменения режима сработки водохранилищ. Соответственно, это определит размер компенсационных выплат со стороны второго государства.

Список литературы:

1. Петров Г.Н., Ахмедов Х.А. Комплексное использование водно-энергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Современное состояние, проблемы и пути решения. - Душанбе, ООО «Санфир Компани», 2011.

2. Абдужалилов Ф.З., Исаев Р.С. Моделирование использования водных ресурсов Центральной Азии в условиях регулирования стока: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию КазАТусО «Теоретические и практические аспекты социально-экономического и политического развития Республики Казахстан, Центральной Азии и стран СНГ на современном этапе». - Алматы, Казахстан, 2009.

Ф.З. Абдужалилов

Моделирование вопросов согласования интересов между ирригацией и гидроэнергетикой: трансграничный аспект

Ключевые слова: проблемы трансграничного аспекта, водопотребление, целевая функция, оптимизационная экономико-математическая модель, удельный расход.

Автор в данной статье рассматривает вопросы согласования интересов гидроэнергетики и орошаемого земледелия в условиях регулирования стока реки Сырдарья, в зону формирования стока которой входят Токтогульская (Кыргызстан), Андиджанская (Узбекистан) и Кайраккумская (Таджикистан) ГЭС с регулирующими водохранилищами. При этом предполагается учет трансграничных интересов водопотребителей, предъявляемых к сработке водохранилища в режиме сезонного регулирования. Представлены вариантные расчеты, показывающие применимость разработанной экономико-математической модели.

F. Z. Abdusalilov

Modelling of the Issues Referring to Compliance of Interests between Irrigation and Hydroenergetics: Transfrontier Aspect

Key words: problems of transfrontier aspect, water consumption, telic function, optimizational economico-mathematical model, specific expense

The article dwells on the issues of compliance of the interests of hydroenergetics and irrigated agriculture under the conditions of regulation of the waters flowing out of the Syr-Darya river into a reservoir, formed by Toktogul (Kyrgyzstan), Andijan (Uzbekistan) and Kayrakhoom HEPs. Hereby, transfrontier interests of water consumers in the period of seasonal working regime in regard to reservoir functioning are taken into account. Variative calculations are presented demonstrating an applicability of the elaborated economico-mathematical model.