



---

**проект Азиатского банка развития  
РЕТА 6163: Совершенствование управления  
совместными водными ресурсами в  
Центральной Азии**

**Т. Зигфрид, Т. Бернар  
Оценка выполнения  
международной политики**

**Материалы  
для тренингового семинара  
«Международное и национальное водное  
право»**

**14-17 ноября 2006 г., Ташкент, гостиница «Туркестан»**

# Оценка выполнения международной политики

Тобиас Зигфрид и Томас Бернар

ETH Zurich

Центр сравнительных и международных исследований (CIS)

[bernauer@ir.gess.ethz.ch](mailto:bernauer@ir.gess.ethz.ch)

## Реферат

Мы разрабатываем методику оценки выполнения (или результативности) международной политики (или режимов), опираясь на предыдущие работы Андердала, Спринца, Хелма и Хови. Наш показатель выполнения политики (PER) основан на оценках, во времени, фактического выполнения, контрфактуальной работы и оптимального выполнения. Для демонстрации эмпирической релевантности данной методики мы рассматриваем попытки решения международной проблемы в крупнейшем международном бассейне Центральной Азии Нарын-Сырдарья, в частности с упором на Токтогульское водохранилище, основное водохранилище бассейна и его воздействие в нижнем течении. Крупнейшим политическим вызовом в данном случае была разработка и осуществление международных обменов попусками воды для производства гидроэлектроэнергии в верхнем течении и попусками воды для орошения в вегетационный период в нижнем течении. Мы наблюдаем, что международный режим, действующий с 1998 года, в целом характеризуется низкой средней результативностью и высокой изменчивостью. Летние и зимние месяцы способствуют этой высокой изменчивости, в то время как работа режима весной и осенью близка к оптимальной. В заключение приводятся некоторые наблюдения в отношении способов улучшения режима.

**Ключевые слова:** международные режимы, выполнение политики, результативность, управление водой, Сырдарья, Аральское море, Токтогул

## 1. Введение

Большинство политологических исследований по определяющим факторам международного сотрудничества оперируют простыми понятиями результата – чаще всего наличием соглашений, договоров или международных режимов (Bernauer, 1995). Оценка содержания соглашений о сотрудничестве и их выполнения в свете решения проблем, которые мотивируют международное сотрудничество, обычно предоставляется целевым исследованиям качественных показателей. Последние работы по эффективности международного сотрудничества в области охраны окружающей среды предполагают допустимость подхода, основанного на использовании количественных показателей (Underdal, 1992; Helm and Sprinz, 2000; Young, 2001). Подобный подход поможет при систематическом измерении и сопоставлении успеха или провала международного сотрудничества во времени и по конкретным случаям. Таким образом, он обеспечит более прочную основу также для объяснения вариаций успеха или провала международного сотрудничества. Одновременно, он будет иметь практическое значения для оценки политики.

Имеющаяся литература предлагает весьма узкие концепции оценки выполнения международной политики. Ответы на вопросы о ее выполнении обычно либо ссылаются на критерии, не выражающие причинную обусловленность, например, описывая развитие отдельной проблемы (н-р, загрязнение) во времени без систематического анализа того, как на эту проблему повлияло само по себе международное сотрудничество. Либо ссылаются на широко распространенные мнения экспертов об эффективности сотрудничества. Более того, особенно в традиции развитых экономик, выполнение главным образом определяется по рациональности (в смысле отношения затрат к выгодам) и результативности сотрудничества. Выполнение политики в локальном или национальном контексте (н-р, Vennear and Coglianesi, 2005) обычно оценивается через проекты квази-экспериментальных исследований и статистический анализ различий между группами «воздействия» и группами, «находящимися вне воздействия» (см. исследование США по чистому воздуху). Однако для подобных исследований требуется большое количество данных, которых зачастую нет в международном контексте. Кроме того, статистический подход к оценке выполнения обычно не основывается на четком представлении того, какие результаты будут желательными.

В данной статье мы выработали новую методику оценки выполнения (или результативности) международной политики (или режимов), опираясь на предыдущие работы (Underdal, 1992; Helm and Sprinz, 2000; Sprinz and Helm, 2000, Novi, Sprinz et al., 2003). Наш показатель выполнения политики (мы называем его PER) является функцией результата, который в идеале должен быть достигнут (оптимум), выполнения данной политики во время оценки (фактическое выполнение) и результата, который был бы получен в случае невыполнения данной политики (контрфактуальное выполнение). Преимущества

данной концепции оценки следующие: первое, она дает прямую ссылку на оптимальное выполнение и, таким образом, решение проблемы; второе, она однозначно сосредоточена на причинной связи международной политики и результатов; третье, она может быть использована для оценки выполнения международной политики в определенные моменты времени в условиях, обозначенных весьма небольшим объемом данных, а также для оценки временной динамики выполнения в условиях, когда имеется большой объем данных высокого качества; четвертое, работы по сотрудничеству могут быть дезагрегированы по отдельным целям, тогда выполнение политики можно измерить по этим целям и затем группировать их или нет.

Для демонстрации эмпирической релевантности данной методики мы рассмотрим решение международной проблемы на примере крупного международного речного бассейна Центральной Азии – Нарын-Сырдарья. Основное внимание уделяется Токтогулу, основному водохранилищу этого бассейна и его влиянию на районы, расположенные в нижнем течении. Сложнейшим политическим вызовом в данном случае была разработка и осуществление международного обмена попусками воды для производства гидроэлектроэнергии зимой в верхнем течении и попусками воды для орошения в вегетационный период в нижнем течении. Мы наблюдаем, что международный режим, введенный в 1998 году, в целом характеризуется слабым выполнением и высокой неустойчивостью, в особенности летом и зимой, в то время как весной и осенью выполнение режима близко к оптимальному.

В разделе 2 вводится основная концепция измерения, предложенная предыдущими исследованиями, и обсуждаются проблемы этой концепции. В разделе 3 развита новая концепция, которая решает проблемы, затронутые в предыдущем разделе. В разделе 4 мы применяем эту концепцию к ситуации в бассейне Нарын-Сырдарья. В разделе 5 обобщаются результаты и приводятся некоторые замечания относительно того, как можно улучшить текущий режим.

## 2. Основная концепция измерения

Показатель выполнения международной политики, предложенный в работах (Underdal, 1992; Helm and Sprinz, 2000), определяется как

$$PER_i = \frac{AP - CP}{OP - CP} \quad (1)$$

Где  $AP$  – фактическое выполнение,  $CP$  – контрафактуальное выполнение,  $OP$  – оптимальное выполнение<sup>1</sup>. Данный подход измерения выполнения (т.е. результативности) международной политики (или международных режимов) называется авторами «Осло-Потсдамским решением». Индекс  $i$  обозначает  $i$ -й критерий, по которому оценивается  $PER$ . В практике управления

---

<sup>1</sup> Названия используемых здесь параметров отличаются от исходных.

международными водами, например, подобными критериями могут быть производство гидроэлектроэнергии, обеспечение поливной водой и качество воды. В целом,  $PER$ , может быть оценен в отношении любых требований общества, затрагиваемых государственной политикой.

В сущности, это уравнение охватывает степень, до которой рассматриваемая проблема фактически была решена ( $AP-CP$ ) относительно потенциала решения проблемы ( $OP-CP$ ). Первая разность сама по себе отражает только то, что соответствующая политика имела некоторый эффект. Только добавляя вторую разность (и в частности  $OP$ ), мы получим информацию о степени, до которой проблема была решена. Кроме того, добавление второй разности позволяет сопоставлять разные политические курсы по сферам политики и в течение времени: при условии, что мы проводим различие между предельными случаями (максимумом и минимумом), она устанавливает верхнюю и нижнюю границу и (за некоторыми исключениями) и нормирует значения  $PER_i$  между 0 и 1.

В оставшейся части данного раздела мы затронем наиболее важные проблемы основной концепции измерения. Первая проблема заключается в том, что основная концепция до сих пор не проводила различие между случаями минимума ( $min$ ) и максимума ( $max$ ). Это потенциально может привести к неверным результатам и, вместе с тем, к обманчивым оценкам результативности.

Проблемы возникают из того факта, что, к удивлению, до настоящего момента в других работах не было систематического изучения предельного режима  $PER_i$ . Вкратце затронем это упущение. Допустим, что  $\{AP, CP, OP\} \in [-\infty, \infty]$  и  $AP = CP + \Delta$ ,  $\Delta \in [-\infty, \infty]$ . Таким образом, гипотетический предельный случай может быть оценен через

$$\lim_{\Delta \rightarrow \infty} \frac{\Delta}{OP - CP} = \pm\infty \quad (2)$$

Отметьте, что в уравнении (2) предельный режим зависит от знака разницы  $OP-CP$ . Аналогично,

$$\lim_{\Delta \rightarrow -\infty} \frac{\Delta}{OP - CP} = \mp\infty \quad (3)$$

Подобный предельный режим заставляет нас проводить различие между двумя случаями. Отсюда следует, что мы обозначаем случай, когда  $OP > CP$  как случай  $max$  и случай, когда  $OP < CP$  как случай  $min$ . В случае  $max$  политика разрабатывается для максимизации значения рассматриваемой переменной результата, н-р, доли или абсолютного сокращения некоторой формы загрязнения или обеспечения воды для орошения. Наоборот, в случае  $min$  политика предназначена для минимизации значения рассматриваемой переменной результата, н-р, концентраций некоторой формы загрязнения. Это означает, что  $PER_i$  из уравнения (1) является соответственно строго

возрастающей или строго убывающей функцией. На рис. 1 представлены эти два вида случаев ( $PER_i|_{CP < OP}$  и  $PER_i|_{CP > OP}$ ).

По определению  $PER_i$  и, исходя из фактического значения  $AP$ , могут быть определены следующие интервалы выполнения для случаев  $min$  и  $max$ . Если  $CP \geq AP > OP$  в случае  $min$  или  $CP \leq AP < OP$  в случае  $max$ , то  $PER_i \in [0, 1]^2$ . Более точно,

$$\lim_{AP \rightarrow OP} \frac{AP - CP}{OP - CP} = 1 \quad (4)$$

что указывает на идеальное выполнение политики. И наоборот,

$$\lim_{AP \rightarrow CP} \frac{AP - CP}{OP - CP} = 0 \quad (5)$$

указывает на нулевое выполнение политики. Эти результаты верны как для случая максимума, так и для случая минимума.

Однако можно рассмотреть ситуации, когда политика дает результаты, которые менее благоприятны по сравнению с контрфактуальным выполнением. Поэтому в случае  $min$  получим

$$\lim_{\Delta \rightarrow +\infty} \frac{\Delta}{OP - CP} = -\infty \quad (6)$$

так как  $OP - CP < 0$ . Точно также при  $OP - CP > 0$  в случае  $max$

$$\lim_{\Delta \rightarrow -\infty} \frac{\Delta}{OP - CP} = -\infty \quad (7)$$

Поэтому, при таких ситуациях «ухудшения положения за счет управления», как описывается уравнениями (6)-(7),  $PER_i \in [0, -\infty]$ .

Концептуальная проблема с определением  $PER_i$  возникает из-за того, что основная концепция измерения не симметрична вокруг  $OP$  (см. рис. 1 и 3). Простой пример показывает, почему это имеет значение. Представим, например, что  $PER$  оценивается относительно покрытия спроса. Допустим, что  $OP$  эквивалентно спросу отдельной экономической отрасли на пресную воду. Далее, допускаем, что  $AP = OP + \Delta$ . Из уравнения (1) сразу следует, что  $PER = 1 \pm |\Delta| / (OP - CP)$ . Очевидно, если  $\Delta < 0$ , выделяемый объем воды является частично оптимальным и поэтому  $PER < 1$ . Это соответствует  $PER_i(AP) = a$  на рис.1. Наоборот, если  $\Delta > 0$ , то слишком много воды выделяется отдельной отрасли и тем самым растрачивается ( $PER_i(AP) = c$  на рис.1). Однако для последнего случая мы считаем  $PER > 1$ , а это предполагает, что растрата ресурсов при выделении «слишком большого» объема предпочтительнее выделения «слишком малого» объема. Тем не менее, оба условия явно нежелательны, хотя бы с экономической

<sup>2</sup> Это определение подразумевает, что  $CP > OP$  в случае  $min$  и  $CP < OP$  в случае  $max$ . Поэтому мы исключаем случаи, когда  $CP = OP$ . На таком уровне и при таких обстоятельствах, лица, вырабатывающие политику, вероятно, не будут инициировать новую политику, поскольку любое отклонение от статус кво повлияет отрицательно на показатель выполнения.

точки зрения (см. рис.1). Аналогичные доводы можно выдвинуть в отношении выполнения политики в других сферах, где политика может обеспечивать общественные (или коллективные) блага в избытке. Таким образом,  $PER$  не может дать значимые результаты в подобных ситуациях и для его использования требуется произвольное шкалирование наблюдаемых значений к порядковой шкале (н-р, Riesckerman, Daebel et al. 2006). Однако последний подход вводит дополнительную неопределенность за счет специально сделанных присвоений и шкалирования значений параметров.

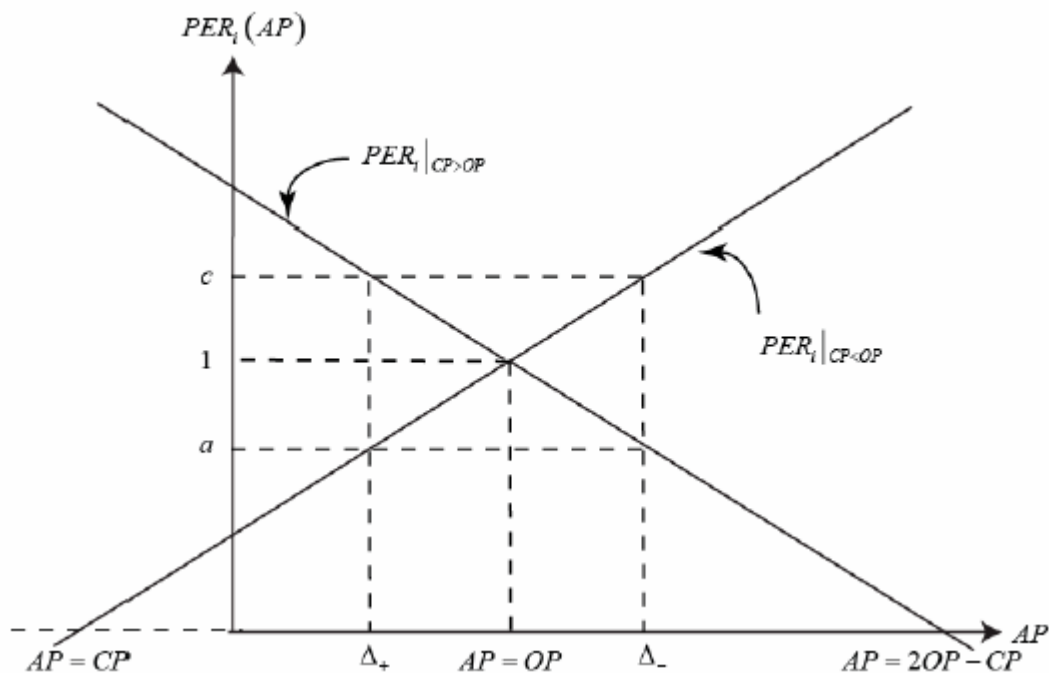


Рис.1. Концептуальное различие случаев  $min$  и  $max$  при оценке  $PER_i$ . Рассматривая  $CP$  и  $OP$  в определенный момент времени  $t$ ,  $PER$  является просто возрастающей ( $CP < OP$ )/убывающей ( $CP > OP$ ) функцией  $AP$ .

Вторая проблема состоит в том, что основная концепция измерения может привести к не универсальным, комплексным оценкам во времени и к неверным заключениям, как показано на рисунках 2 и 3. Оценка  $PER_i$  в период времени  $t = t_1$  приводит к значению  $b$  как обозначено на рис.3. Если  $PER_i$  оценивается в момент времени  $t = t_2$ , то получаем значение выполнения  $c$ , которое явно отличается от значения выполнения  $b$ . Однако выполнение политики обычно изменяется во времени, так как государственное управление включает зависящие от времени переменные состояния и переменные спроса. Представим, например, что кто-то пытается оценить последствия работы крупной плотины за период 50 лет. Допустим, что бассейн вначале получает выгоду от выработки электроэнергии. Однако отрицательное воздействие в нижнем течении на почвы, а также дельтовые системы со временем накапливается и постепенно начинает проявляться только через несколько десятилетий, после чего соответствующие сервисы для общества могут полностью исчезнуть. Если выполнение рассматривается как показатель, связанный с покрытием спроса, возможно

первоначальный спрос на электроэнергию полностью обеспечивался ( $PER=1$ ). Но последующая степень покрытия спроса в отношении экологических сервисов в нижнем течении сильно бы уменьшилась. Поэтому любая оценка  $PER$  в определенное время даст только частичную картину выполнения.

Другими словами, при измерении  $PER$  следует обращать внимание на зависимость во времени (см. гидрологическую литературу по другим критериям работы, учитывающим фактор времени (Kjeldsen and Rosbjerg 2004). Подобное критическое замечание также выдвинуто Янгом, Young (2001), который заявляет, что стационарный режим обоснования приводит к узкоспециализированным оценкам и вводит некоторую произвольность. Мы рассматриваем оживленные споры, которые последовали за критикой Янга, как выражение необходимости в продолжении академических исследований в соответствующей области (Hovi, Sprinz et al. 2003; Young 2003; Sprinz 2005).

В разделе 3 более подробно затрагиваются отмеченные выше проблемы.

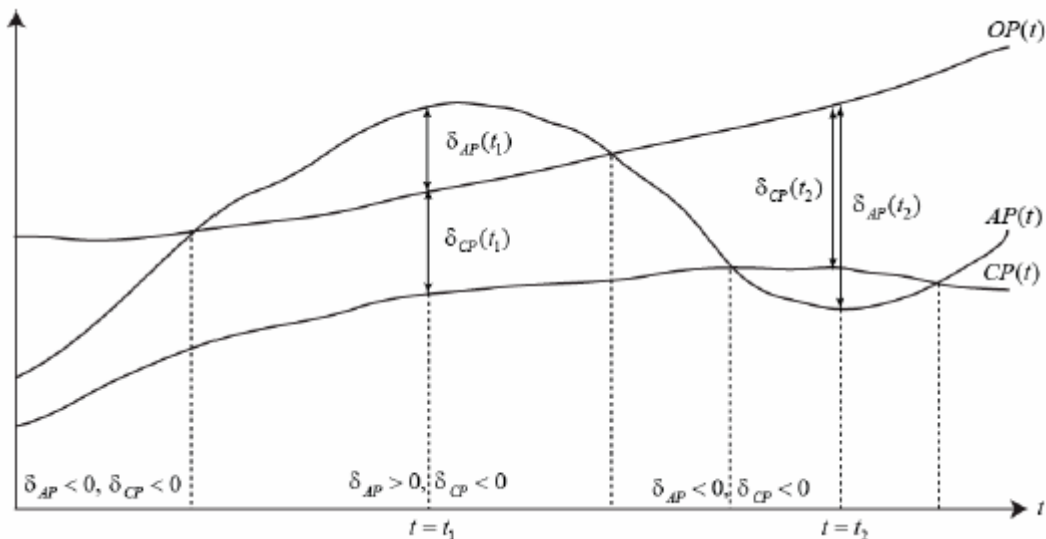


Рис.2. Условная динамика  $AP(t)$ ,  $CP(t)$  и  $OP(t)$  во времени.  $\delta_{AP}$  и  $\delta_{CP}$ , определяемые из ур-я (9), показаны в разные моменты времени  $t_1$  и  $t_2$ .



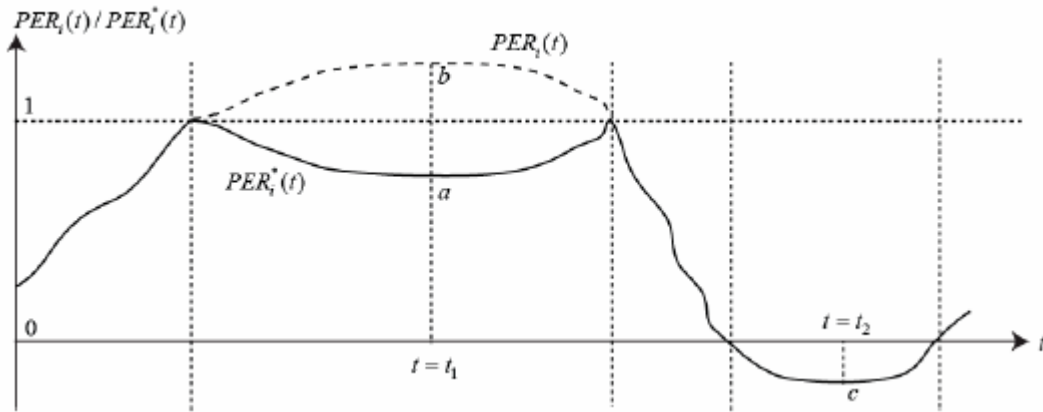


Рис.3. Условная динамика  $PER_i$  и  $PER_i^*$  как зависящей от времени функции стохастических процессов, обозначенных на рис.2.  $PER_i(t_1) \neq PER_i(t_2)$ .

Заметьте, что  $PER_i(t) > 1$  в определенный период времени, что может нас привести к неверному допущению, что во время подобного расточительного распределения, выполнение изучаемого мероприятия находится на высшем уровне.

### 3 Усовершенствованная концепция оценки выполнения политики

#### 3.1 Определение

Предлагается следующее определение показателя выполнения

$$PER_i^*(t) = 1 - \frac{|AP(t) - OP(t)|}{|CP(t) - OP(t)|} \quad (8)$$

где  $PER_i^*(t)$  – показатель выполнения управления в определенный момент времени  $t$ . Если ввести обозначения  $\delta_{AP}(t) = AP(t) - OP(t)$  и  $\delta_{CP}(t) = CP(t) - OP(t)$ , то уравнение (8) записывается в виде

$$PER_i^*(t) = 1 - \frac{\sqrt{\delta_{AP}^2(t)}}{\sqrt{\delta_{CP}^2(t)}} \quad (9)$$

по определению абсолютной величины. Так как мы допускаем  $\{AP, CP, OP\} \in [-\infty, \infty]$ , то отсюда сразу следует, что  $\{\delta_{AP}(t), \delta_{CP}(t)\} \in [-\infty, \infty]$ .

По уравнению (9)  $PER_i^*(t)$  определяется до тех пор, пока  $\delta_{CP} \neq 0$ . В зависимости от знака  $\delta_{AP}(t)$  и  $\delta_{CP}(t)$ , уравнение (9) принимает форму

$$PER_i^*(t) = \begin{cases} 1 + \frac{\delta_{AP}(t)}{\delta_{CP}(t)}, & \text{если знак } (\delta_{AP}(t))\text{знак}(\delta_{CP}(t)) < 0 \\ 1 - \frac{\delta_{AP}(t)}{\delta_{CP}(t)}, & \text{если знак } (\delta_{AP}(t))\text{знак}(\delta_{CP}(t)) > 0 \end{cases} \quad (10)$$

Если  $(\delta_{AP}(t))\text{знак}(\delta_{CP}(t)) < 0$ , то либо  $\delta_{AP}(t) < 0$ , а  $\delta_{CP}(t) > 0$ , либо  $\delta_{AP}(t) > 0$ , а  $\delta_{CP}(t) < 0$ . Аналогично  $\delta_{AP}(t) < 0$  и  $\delta_{CP}(t) < 0$  или  $\delta_{AP}(t) > 0$  и  $\delta_{CP}(t) > 0$ , если  $(\delta_{AP}(t))\text{знак}(\delta_{CP}(t)) > 0$ . В отличие от  $PER_i$ ,  $PER^*_i(t)$  измеряет выполнение относительно оптимального выполнения  $OP$  в конкретный момент наблюдения  $t$ . Отметим, что  $PER^*_i(t)$  симметрично относительно  $OP$  (см. рис.4).

### 3.2 Предельный режим

Определение  $PER^*_i(t)$  содержит абсолютные величины разностей между  $AP(t)$  и  $OP(t)$ , а также  $CP(t)$  и  $OP(t)$ . Концептуальная разница, которую необходимо было учитывать при оценке  $PER$ , исчезает, т.е. случаи  $CP \geq AP > OP$  и  $CP \leq AP < OP$  можно рассматривать с математической точки зрения аналогичным образом. Для это изучим предельный режим  $PER^*_i(t)$ .

Для оптимального управления, т.е.  $AP=OP$ , мы получаем

$$\lim_{\delta_{AP}(t) \rightarrow 0} \left( 1 - \sqrt{\frac{\delta_{AP}^2(t)}{\delta_{CP}^2(t)}} \right) = 1 \quad (11)$$

Если выполнение нулевое, т.е.  $AP=CP$ , то

$$\lim_{\delta_{AP}(t) \rightarrow \delta_{CP}(t)} \left( 1 - \sqrt{\frac{\delta_{AP}^2(t)}{\delta_{CP}^2(t)}} \right) = 0 \quad (12)$$

В заключение, гипотетический пессимистический вариант определяется как

$$\lim_{\delta_{AP} \rightarrow \pm\infty} \left( 1 - \sqrt{\frac{\delta_{AP}^2}{\delta_{CP}^2}} \right) = -\infty \quad (13)$$

Таким образом, по сравнению с  $PER$ , использование  $PER^*_i(t)$  не заставляет нас принимать во внимание концептуальные различия между максимальными и минимальным случаями. Кроме того, расточительное управление, т.е. ситуации, когда  $AP(t) > OP(t)$  в случае минимума и  $AP(t) < OP(t)$  в случае максимума, больше не поощряется.

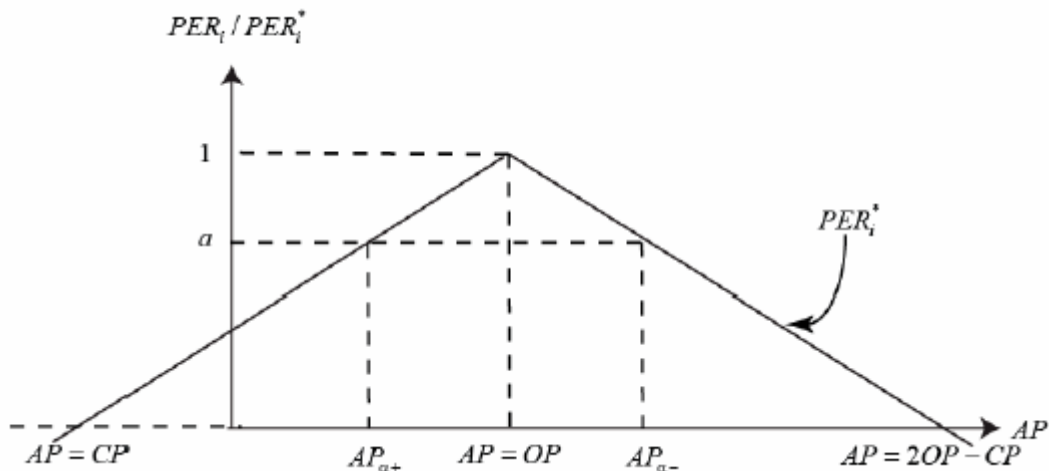


Рис.4. Максимальное  $PER_i^*$  имеет место при  $AP=OP$ . Частично оптимальное выполнение, т.е.  $AP$  либо слишком много, либо слишком мало, приводит к  $PER_i^*(t) = a$  при  $a < 1$ . Индекс времени был опущен в рисунке для большей ясности.

### 3.3 Учет динамики и изменений во времени

Последовательные наблюдения временных рядов данных обычно не являются независимыми друг от друга. Каждое наблюдение измеряемой переменной является двумерным наблюдением, причем время выступает в качестве второй переменной. Изменения во времени могут быть, например, вызваны сезонными колебаниями, тенденциями и беспорядочными колебаниями или комбинацией перечисленного. Большинство рядов являются стохастическими, так как будущие значения только частично определяются значениями прошлых временных рядов. Среди простых примеров – стохастические процессы выпадения осадков, подпитки и стока (см. рисунок б), а также будущее развития подшевного и отраслевого спроса.

В нашем контексте мы рассматриваем временные ряды  $AP(t)$ ,  $CP(t)$  и  $OP(t)$  (а также полученных  $\delta_{AP}(t)$  и  $\delta_{CP}(t)$  как конечные реализации основных стохастических процессов. При последующем анализе, мы ограничиваемся стационарными процессами<sup>3</sup>. Наша цель – дать общий, простой подход к определению параметров нашего показателя работы в определенный период времени, путем использования основных концепций и определений теории вероятности и статистики. При этом, мы ни допускаем знания основных функций распределения вероятностей, ни стохастических процессов, которые в итоге дают реализации  $\delta_{AP}(t)$  и  $\delta_{CP}(t)$ .

<sup>3</sup> Процесс является стационарным, если свойства лежащей в основе модели не изменяются. К примеру, характеры распределения осадков не должны быть отдельными реализациями стационарных процессов, поскольку изменение климата может повлиять на эту основную модель. Однако период времени для оценки работы будет коротким по сравнению с подобными изменениями модели и поэтому игнорируется.

Используем приближение Тейлора первого порядка для линеаризации уравнения (9) вокруг среднего  $\mu_{\delta_{CP}}$  элемента  $\delta_{CP}(t)$ , допуская, что  $\delta_{CP}(t)$  достаточно хорошо проявляет себя в окрестности  $\mu_{\delta_{CP}}$ . Таким образом, мы получаем

$$PER_i^*(t) = 1 + \sqrt{\frac{\delta_{AP}^2(t)}{\mu_{\delta_{CP}}^2}} - \frac{(\delta_{CP}(t) - \mu_{\delta_{CP}}) \sqrt{\frac{\delta_{AP}^2(t)}{\mu_{\delta_{CP}}^2}}}{\mu_{\delta_{CP}}} + O\left[\delta_{CP}^{Ahr}(t) - \mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}\right]^2 \quad (14)$$

Мы определим две случайные переменные,  $\delta_{AP}^{Ahr}(t) = |\delta_{AP}(t)|$  и  $\delta_{CP}^{Ahr}(t) = |\delta_{CP}(t)|$  при  $\delta_{AP,CP}^{Ahr}(t) \in [0, \infty]$ , чтобы уравнение (14) можно было упростить и свести к следующему

$$PER_i^*(t) \approx 1 - \frac{2\delta_{AP}^{Ahr}(t)}{\mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}} + \frac{\delta_{AP}^{Ahr}(t)\delta_{CP}^{Ahr}(t)}{\mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}^2} \quad (15)$$

Заметим, что члены второго порядка  $O\left[\delta_{CP}^{Ahr}(t) - \mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}\right]^2$  были опущены в данном приближении уравнения (14). Таким образом, для приближения ожидаемого значения  $PER_i^*(t)$  получаем

$$\langle PER_i^* \rangle = 1 - \frac{\mu_{\delta_{AP}^{Ahr}}}{\mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}} + \frac{1}{\mu_{\delta_{CP}^{Ahr}}^2} \text{Cov}(\delta_{AP}^{Ahr}, \delta_{CP}^{Ahr}) \quad (16)$$

где  $\text{Cov}(\delta_{AP}^{Ahr}, \delta_{CP}^{Ahr})$  обозначает ковариацию временных рядов  $\delta_{AP}^{Ahr}$  и  $\delta_{CP}^{Ahr}$ <sup>4</sup>. Учитываем, что данная ковариация важна во многих случаях. Представим, например, сток в реке до и после регулирования. В зависимости от управления построенной плотины, режимы стока до и после регулирования все еще находятся в определенном соотношении<sup>5</sup>. Значение подобной ковариации зависит от дисперсий  $\sigma_{\delta_{AP}^{Ahr}}^2$  и  $\sigma_{\delta_{CP}^{Ahr}}^2$ . Если  $\sigma_{\delta_{AP}^{Ahr}}^2$  и  $\sigma_{\delta_{CP}^{Ahr}}^2$  полностью взаимно независимы, то  $\text{Cov}(\delta_{AP}^{Ahr}, \delta_{CP}^{Ahr}) = 0$ . Заметим, что  $\langle PER_i^* \rangle < 1$  так как  $\mu_{\delta_{AP}^{Ahr}} / \mu_{\delta_{CP}^{Ahr}} > 0$ .

Кроме того,  $\langle PER_i^* \rangle$  не определяется для  $\mu_{\delta_{CP}^{Ahr}} = 0$ , которое будет опять соответствовать ситуации, описанной в примечании 1. В заключение, в случае оптимальности, т.е.  $AP(t) = OP(t)$ ,  $\langle PER_i^* \rangle = 1$  так как  $\delta_{AP}^{Ahr}(t) = 0$  для всех  $t$  и таким образом  $\mu_{\delta_{AP}^{Ahr}} = 0$  и поэтому  $\text{Cov}(\delta_{AP}^{Ahr}, \delta_{CP}^{Ahr}) = 0$ <sup>6</sup>. Аналогично, дисперсия<sup>7</sup>  $PER_i^*(t)$  аппроксимируется как

<sup>4</sup> Производная ожидаемых значений показана в Приложении А.

<sup>5</sup> См. также раздел 4 с реальным примером корреляции стока до и после регулирования.

<sup>6</sup> Последнее можно легко продемонстрировать, отмечая, что

$$\text{Cov}(\delta_{AP}^{Ahr}, \delta_{CP}^{Ahr}) = \langle \delta_{AP}^{Ahr}(t) \cdot \delta_{CP}^{Ahr}(t) \rangle - \langle \delta_{AP}^{Ahr}(t) \rangle \langle \delta_{CP}^{Ahr}(t) \rangle = \langle 0 \cdot \delta_{CP}^{Ahr}(t) \rangle - 0 \cdot \mu_{\delta_{CP}^{Ahr}} = 0.$$

<sup>7</sup> Производная дисперсии дана в Приложении В.

$$\sigma_{PER}^2 = \mu_{\delta_{CP}^{Abz}}^{-4} \left( 4\mu_{\delta_{CP}^{Abz}}^2 \sigma_{\delta_{AP}^{Abz}}^2 - \mu_{\delta_{AP}^{Abz}}^2 \sigma_{\delta_{CP}^{Abz}}^2 - \text{Cov}(\delta_{AP}^{Abz}, \delta_{CP}^{Abz}) \left( \text{Cov}(\delta_{AP}^{Abz}, \delta_{CP}^{Abz}) + 2\mu_{\delta_{AP}^{Abz}} \mu_{\delta_{CP}^{Abz}} \right) \right) \quad (17)$$

Янг (Young, 2001) заявляет, что процедуры, включающие контрфактуальный анализ для оценки результативности международного режима (т.е. работы международной политики), редко применялись на прозрачной и систематической основе. По его мнению, ученые больше опирались на субъективные суждения при оценке отдельных случаев, исходя из чрезмерно упрощенных категорий. Мы утверждаем, что усовершенствованная концепция оценки, представленная выше, затрагивает наиболее значимые недостатки подхода, предложенного Спринцом и Хелмом (Sprinz and Helm, 2000). Далее, мы продемонстрируем эмпирическую релевантность концепции с разбором конкретного случая по международному управлению водой.

#### 4. Применение концепции к международному управлению водой

Приступим к описанию изучаемого случая: Нарын-Сырдарьинского бассейна Центральной Азии, в частности Токтогульского водохранилища. Затем, приведем результаты оценки последствий выполнения международной политики в данном случае

##### 4.1 Бассейн Нарын-Сырдарья и Токтогульское водохранилище

Система рек Нарын-Сырдарья относится к бассейну Аральского моря. Размер бассейна Аральского моря составляет приблизительно 1.55 млн. км<sup>2</sup>, а население – около 40 миллионов человек, т.е. плотность населения довольно низкая. Экономика стран бассейна Нарын-Сырдарья (Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан, Туркменистан) в большой степени зависит от орошаемого земледелия (40-50% ВВП в 1960-90гг. и около 20-30% впоследствии). В сельском хозяйстве занято около 60% сельского населения и 25-60% общей рабочей силы (Всемирный банк, Духовный и Соколов). Большая часть воды на орошение забирается из двух рек – Амударья и Сырдарья. В то время как верхняя часть бассейна является горной, с влажным климатом, то среднее течение и низовья относятся к аридным зонам (малое количество неравномерных осадков, большие суточные и сезонные колебания температуры, высокая солнечная радиация, низкая влажность). За последние 40 лет чрезмерный отбор воды привел к критическому высыханию Аральского моря, поскольку Амударья и Сырдарья являются единственными источниками питания моря. Таким образом, Аральское море сократилось до 25% от своего первоначального объема и привлекло мировое внимание как зона экологического бедствия (Духовный и Соколов).

Река Сырдарья берет свое начало, как и река Нарын в горах Кыргызстана. Затем она пересекает Узбекистан и Таджикистан и впадает в Аральское море на территории Казахстана (общая протяженность около 2800 км). В целом около 20 млн. человек проживают в данном речном бассейне, площадь которого

составляет прибл. 250 000 км<sup>2</sup>. Питание реки обеспечивается в основном за счет снеготаяния и стока с ледников. Естественный режим стока, со среднемноголетним объемом годового стока около 23.5-51 км<sup>3</sup> (40 км<sup>3</sup> за последние несколько лет), характеризуется весенне-летними паводками. Они обычно начинаются в апреле и достигают своего пика в июне. Около 93% среднемноголетнего годового стока Сырдарьи регулируется водохранилищами. Около 75% стока формируется на территории Казахстана (Духовный и Соколов). Вода из бассейна Сырдарьи в основном отбирается на орошаемое земледелие. Из 3.4 млн.га орошаемых сельхозугодий около 1.7 млн. га орошается водой, забранной непосредственно из реки. На рис.6 показаны временные ряды стока рек Нарын-Сырдарья за последние 72 года, замеренного в створе Учкурган в Узбекистане.

Как показано на рисунке 6, режим стока Нарын-Сырдарьи, наблюдаемый у Нарын-Сырдарьинского каскада, сразу после того, как река пересекает территорию Узбекистана после Кыргызстана, сильно изменяется во времени. Здесь выделяются четыре отличных периода. Первое значительное изменение в характере стока произошло в результате ввода Токтогульского водохранилища в 1976 году (хотя ранее в эксплуатацию было введено несколько более мелких водохранилищ в нижнем течении, особенно Кайраккумское и Чардаринское водохранилища). Токтогульское водохранилище несомненно является крупнейшим аккумулирующим сооружением в бассейне Аральского моря. Оно было введено в эксплуатацию в 1976 году после 14 лет строительства. Его полезный объем равен 14 км<sup>3</sup>, гарантированная отдача 8.7 км<sup>3</sup> и полная емкость около 19.5 км<sup>3</sup>. Площадь водохранилища – 280 км<sup>2</sup>, а протяженность около 65 км<sup>8</sup>. Мощность Токтогульской гидроэлектростанции составляет 1200 мВт, т.е. вторая крупнейшая электростанция в бассейне Аральского моря (Антипова Е., Зырянов А. и др., 2002).

Период времени 1976-1991гг. характеризовался централизованным управлением речной системой. Эта система управления главным образом была нацелена на достаточное обеспечение водой орошаемого земледелия (прежде всего, производства хлопка) в Узбекистане и Казахстане. В начале 80-х эта система пополнилась двумя бассейновыми водохозяйственными организациями (БВО), одна из этих организаций была создана в Ташкенте для бассейна Нарын-Сырдарья. Их мандат включал эксплуатацию и содержание всех головных гидротехнических сооружений расходом более 10 м<sup>3</sup>/с. Данная система управления и ее инфраструктура полностью финансировались из федерального бюджета СССР. Консультируясь с правительствами пяти республик и на основе прогнозов Центрально-азиатской гидрометеорологической службы, министерство водного хозяйства (Минводхоз) в Москве определяло ежегодно (исходя из многолетнего генерального плана для каждой речной системы), сколько воды будет выделено на орошение в вегетационный период (апрель-сентябрь) для каждого водохозяйственного района. БВО отвечали за реализацию вододеления и содержание инфраструктуры. Она также имели полномочия для

---

<sup>8</sup> Общий рабочий объем водохранилища в бассейне Сырдарьи составляет около 27 км<sup>3</sup>.

увеличения или сокращения доли водodelения каждой страны до 10%. Электроэнергия, вырабатываемая Токтогулом в этот период, поступала в Центрально-азиатский энергетический пул (ЦАЭП) и затем распределялась между республиками бассейна. В обмен на электроэнергию соседние республики поставляли уголь, нефть и природный газ в Кыргызстан в зимний период для покрытия ее повышенного спроса на энергию в холодные месяцы. Ископаемое топливо использовалось преимущественно на теплоэлектростанциях в Бишкеке и Оше (Cai, McKinney et al, 2002).

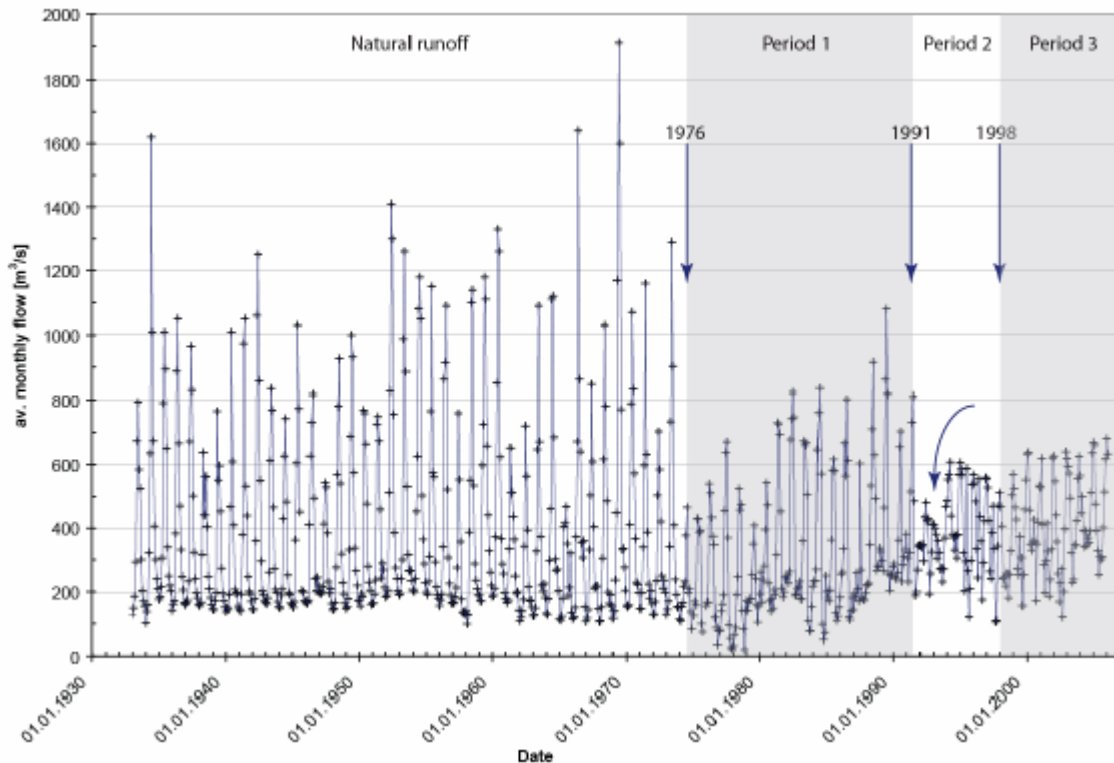


Рис. 6. Среднемесячный объем стока рек Нарын-Сырдарья в створе Учкурган с января 1933г. по февраль 2006г. Во временном ряду явно выделяются четыре разных режима стока, а именно до работы Токтогула (1933-1975), управление Нарын-Сырдарьинским каскадом в период СССР (1976-1991), эксплуатация после развала СССР (1992-1998) и режим по соглашениям МКВК (1998-настоящее время). Источник: Общий цент данных по объемам речного стока и Андрей Яковлев, начальник отдела оперативной гидрологии, Гидромет Узбекистана.

Развал Советского Союза в 1991 году привел к разрушению централизованного управления водными ресурсами и проблемам с согласованием обмена водой и энергией, вызывая серьезные споры между государствами по вопросам водodelения (см. рис.7 с хронологией ключевых событий). Поставки угля, нефти, природного газа и электроэнергии сильно сократились в период с 1991 по 1998 гг., также как и выработка тепловой и электрической энергии Кыргызскими

теплоэлектростанциями (ТЭС).<sup>9</sup> Таким образом, потребители перешли на электричество, что повысило зимний спрос на более чем 100%. Закупки энергии за рубежом представляют проблему, так как правительство не способно (по политическим и административным причинам) повышать и собирать соответствующие тарифы на энергию. Кроме того, финансовые взносы из Москвы и бывших республик бассейна на содержание каскада водохранилищ прекратились. В ответ на резкий спад выработки теплоэнергии и повышение зимнего спроса на электричество, Кыргызстан перевел режим работы Токтогульского водохранилища с ирригационного на энергетический. Что касается зимы 2003/2004, пики стока больше не приходится на лето, а скорее на зиму, как показано изогнутой стрелкой на рисунке 6. С 1992 года зимние попуски из реки в пустыню принесли ущерб инфраструктуре и земельным ресурсам Узбекистана. Они также лишили дельту Сырдарьи и северную часть Аральского моря воды и снизили потенциал попусков воды на орошение в вегетационный период. Теперь постоянно, начиная с 1992 года, бассейновые страны борются за восстановление эффективной схемы управления (Савоскул, Чевнина и др., 2003).

Интересы верховий, происходящие из временного спроса на воду, диаметрально противоположны спросу на воду и интересам низовий. Кыргызстан использует мало воды безвозвратно, т.е. на орошение. Однако он заинтересован в производстве электроэнергии на ГЭС, особенно зимой, когда спрос на энергию особенно высокий (Кыргызстан не располагает собственными источниками ископаемого топлива). Этот интерес еще более усилился, поскольку страны низовий сократили энергопоставки в Кыргызстан (см. выше). Кыргызстан также рассматривает производство электричества как потенциальный экспортный товар. Таким образом, Кыргызстан стремится сохранять воду с весны по осень и сбрасывать ее зимой-весной для производства энергии. И наоборот, Узбекистан и Казахстан, расположенные в нижнем течении, крупнейшие потребители оросительной воды в речном бассейне, заинтересованы в получении намного большего объема воды в вегетационный период (апрель-сентябрь), чем в невегетационный период (октябрь-март). Они также заинтересованы в электричестве, вырабатываемом в верховьях через попуски воды в вегетационный период для работы ирригационных насосов. Более того, с позиций стран низовий, попуски воды зимой должны быть значительно меньше, поскольку повышенный расход может вызвать наводнения за счет сниженной пропускной способности речного русла из-за льда (Савоскул, Чевнина и др., 2003). Таким образом, основная проблема, которая должна быть решена, относится к увязке управления Нарын-Сырдарьинским каскадом водохранилищ, который расположен полностью на территории Кыргызстана и, в частности, к решению проблемы выбора между безвозвратным водопотреблением для целей орошения в низовье и использованием воды без ее потерь для производства энергии в верховье в Кыргызстане.

---

<sup>9</sup> Выработка тепловой энергии на Кыргызских ТЭС упала с 5.8 Гкал до 2.1 Гкал в 1991-1998гг. Выработка электроэнергии сократилась с 3.9 до 1.0 МкВт-час.



В феврале 1992 года пять новых независимых государств учредили Межгосударственную Координационную Водохозяйственную Комиссию (МКВК). Эта Комиссия имеет в своем составе четыре исполнительных органа: ее секретариат, два БВО и Научно-Информационный Центр. В 1993 году Международный Фонд Спасения Арала присоединился к МКВК.<sup>10</sup> Пять стран договорились придерживаться принципов вододеления, введенных прежней системой СССР, пока не будет установлена новая система, хотя и без финансирования инфраструктуры, которое прежде поступало из Москвы. Важнейшие гидротехнические сооружения и, в частности, крупнейшие водохранилища бассейна (включая Токтогул) не были переданы в ведение БВО (т.е. они фактически национализированы новыми независимыми странами и почти полностью переданы в ведение национальных энергетических ведомств).

В заключение, период времени 1991-1998гг. (см. ниже) выделяется развалом прежде централизованной системы бассейнового управления и, на первый взгляд, весьма небольшим успехом в установлении эффективной новой системы международного управления, которая бы позволила обеспечить обмен ресурсами между Кыргызстаном (богатым на воду, но бедным на ископаемое топливо) и странами нижнего течения (бедными на воду, но богатыми на топливо). БВО потеряли большую часть своих полномочий и эксплуатационных мощностей.

Ряд деклараций, принятых бассейновыми странами, и попытки европейских и северо-американских государственных агентств помочь в решении проблемы достигли минимального прогресса. В 1995 году, например, при поддержке Европейского Союза была создана водохозяйственная информационная система и система управления водопользованием и земледелием. В марте 1998 года под эгидой Исполнительного Комитета Центрально-азиатского Экономического Сообщества и при поддержке ЮСАИД, Казахстан, Кыргызстан и Узбекистан подписали формальное соглашение. В 1999 году к этому соглашению присоединился Таджикистан.<sup>11</sup>

Соглашением от 1998 года устанавливаются следующий график попусков воды для Токтогульского водохранилища на 1998 год:

Январь	495 м3/сек
Февраль	490 м3/сек
Март	300 м3/сек
Апрель	230 м3/сек
Май	270 м3/сек
Июнь	500 м3/сек
Июль	650 м3/сек
Август	600 м3/сек
Сентябрь	190 м3/сек

<sup>10</sup> <http://www.icwc-aral.uz>

<sup>11</sup> <http://ocid.nasce.org/cgi-bin/qml/tfdd/treaties.qml>

Нет никаких установок на период с октября по декабрь. Однако задачей сторон является также предотвращение затопления территорий в среднем и нижнем течении Сырдарьи. Поэтому, мы можем предположить, что для данного периода обоснованными будут попуски воды расходом не более 200 м<sup>3</sup>/сек.

В 1998 году подготовлено соглашение (состоящее из двух отдельных формальных договоров) как более общее рамочное соглашение и специальное бартерное соглашение по водно-энергетическому обмену. По специальному соглашению в вегетационный период (1 апреля – 1 октября) Кыргызстан согласен поставлять 2.2 млрд. кВт-ч электричества в Казахстан и Узбекистан (по 1.1 млрд. кВт-ч). Казахстан и Узбекистан, в свою очередь, согласны поставлять определенные объемы электричества, природного газа, жидкого топлива и угля в Кыргызстан в определенные месяцы по условиям, установленным в двухсторонних соглашениях, которые уже были заключены в 1997 году. Компенсацию можно также выполнить в виде «других продуктов» (упоминаются рабочая сила и услуги) или денег. Возможные поправки к бартерной сделке могут быть внесены БВО Сырдарья и ОДЦ Энергия при согласии заинтересованных стран. Кыргызстан согласился урезать свое потребление энергии на 10% по сравнению с уровнем 1997 года. Рамочное соглашение, также заключенное в марте 1998 года<sup>12</sup>, предусматривает, что эти обмены будут впоследствии определяться ежегодно путем переговоров. Оно устанавливает БВО Сырдарья и ОДЦ Энергия исполнительными органами по выполнению графиков пусков и переброски энергии, вплоть до создания нового Международного Водно-Энергетического Консорциума. В 2003 году данное соглашение автоматически распространилось на следующие пять лет.

Другими словами, система управления водой, введенная в 1998 году, предусматривает, что в вегетационный период Кыргызстан спускает больше воды, чем ему необходимо для обеспечения своего собственного спроса на гидроэлектроэнергию и что излишек энергии поставляется в Казахстан и Узбекистан. В межвегетационный период (1 октября – 1 апреля) Узбекистан и Казахстан подают в Кыргызстан энергоресурсы в объемах, которые приблизительно эквивалентны электричеству, которые они получают от Кыргызстана в вегетационный период. Точные объемы воды и энергии определяются ежегодно путем переговоров между странами. Обычно планируется, что Кыргызстан сбрасывает около 6.2 км<sup>3</sup> воды в вегетационный период и передает 2.2 кВт-ч электричества в Узбекистан и Казахстан.

#### *4.2 Оценка выполнения*

На основе методики, описанной в разделе 3, оценим работу международной системы управления водой, введенной в 1998 году. На рисунке 6 отмечены четыре отличных периода управления. Эти периоды характеризуются

---

<sup>12</sup> <http://ocid.nasce.org/cgi-bin/qml/tfdd/treaties.qml>

различными режимами стока, которые соотносятся с хронологией политических событий, как показано на рис.7.

В фазу естественного стока (1933-1975гг.), средний сток составлял  $388 \text{ м}^3/\text{сек}$  с высокой изменчивостью летом (см.  $\sigma$  (естественный режим стока) в Приложении D, таблица 3). В этот период высокая изменчивость полностью определяется климатической изменчивостью (см. также рис.6). В период централизованного управления водными ресурсами при господстве СССР (период 1, 1976-1990), средний сток сократился до  $311 \text{ м}^3/\text{сек}$ , в основном из-за наполнения Токтогульского водохранилища.<sup>13</sup> Характеристики среднегодовых величин не отличаются существенно от ненарушенного режима, с пиковым расходом летом и низким стоком зимой. Однако из-за наполнения водохранилища летний пик менее выраженный. Эта характерная картина стока меняется после ликвидации центрального руководства, что можно увидеть по кривой  $\mu(P3)$  на рис.6. Как обсуждалось выше, повышенный спрос на гидроэнергетику в Кыргызстане привел к резко выраженному увеличению попусков воды из водохранилища в зимние месяцы. Несколько сниженная месячная изменчивость стока (см.  $\sigma$  (период 3) в Приложении D, таблица 3) характеризует одностороннее управление стоком Сырдарьи в верхнем течении. В заключение, после выполнения Соглашения 1998 года, месячные стоки, по-видимому, отражают компромиссные решения, принятые в этом соглашении. В этот период времени средний сток составляет  $396 \text{ м}^3/\text{сек}$  со значительным уменьшением месячной изменчивости.

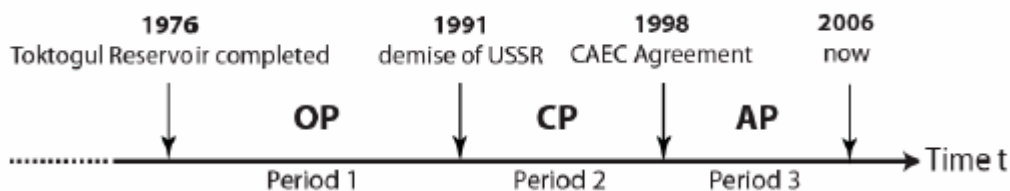


Рис.7. Хронология событий. OP: период оптимальной работы (16 лет), CP: период контрфактуальной работы (7 лет), AP: фактическое выполнение режима (8 лет).

Далее начинаем с допущения, что централизованный подход к управлению в советское время соответствует оптимальной работе  $OP_S(t)$ , так как в то время расходящиеся интересы верховий и низовий успешно решались. Понятно, что с позиций проблемы Аральского моря этот период вряд ли был оптимальным.<sup>14</sup> Следовательно, мы используем второе понятие оптимальности, в котором упор делается на устойчивости управления природными ресурсами на бассейновом

<sup>13</sup> Если допустить, что средний объем водохранилища  $14 \text{ км}^3$  будет наполняться с расходом  $70 \text{ м}^3/\text{сек}$  (что является разностью в среднем стоке между ненарушенным режимом и периодом управления 1), то приблизительное время наполнения составит 6.3 лет.

<sup>14</sup> Янг (Young, 2001) утверждает, что согласованное понятие того, что является оптимальным в отношении которого оценивается работа, не обязательно должно основываться на объективном понятии, а скорее зависеть от понимания характера проблемы и вариантов, имеющихся для решения проблемы.

уровне (включая почвы, поверхностные и подземные воды, см. McKinney, Cai et al. 1999; Cai, McKinney et al. 2003). Отметим, что  $\mu$  (оптим.) на рис.8 в действительности не наблюдается, а скорее является результатом имитации-оптимизации, которую мы обозначим как  $OP_C(t)$ . Период разрушения централизованной системы управления в 1992-1998 определяется как контрфактуальная работа, т.е.  $CP(t)$ . В заключение, текущий режим стока определяется как фактическое выполнение  $AP(t)$ .

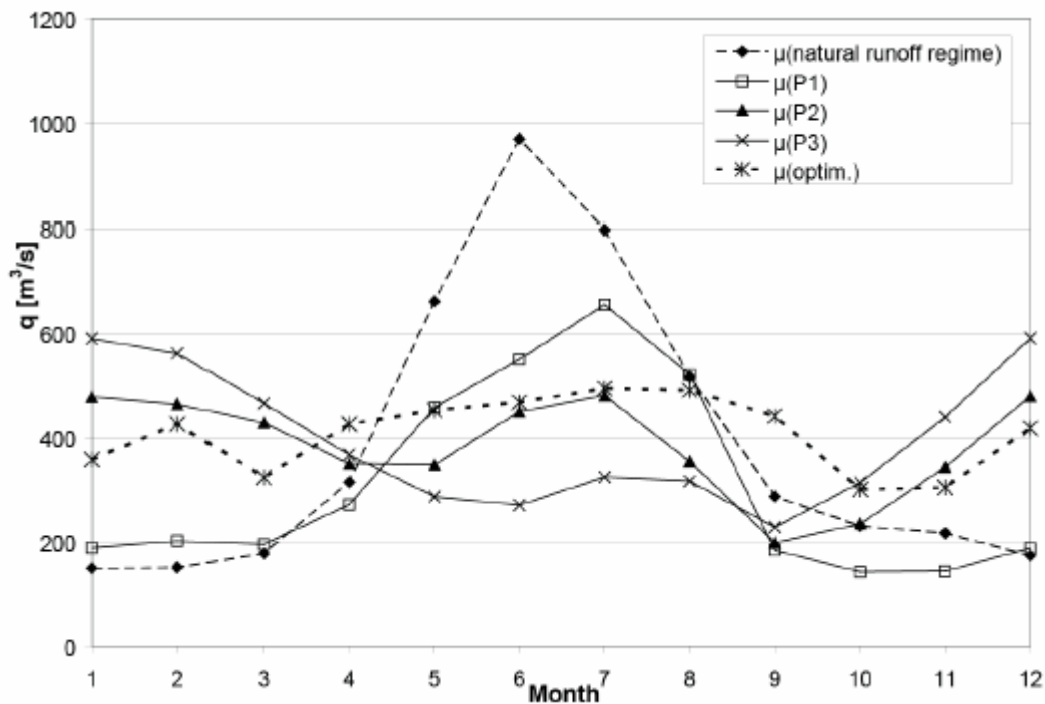


Рис.8. Среднегодовой месячный сток в створе Учкурган. Графические данные по колебаниям стока для соответствующих месяцев и режимов показаны на рисунке 9, числовые данные приведены в приложении D, таблице 3. По месячным данным  $\mu$  (оптим.) рассчитываются оптимальные попуски из Нарын-Сырдарьинского каскада водохранилищ. Оптимизация была выполнена с помощью объединенной гидро-агро-экономической модели на бассейновом уровне (Cai, McKinney et al. 2003).

Для вычисления  $\langle PER^*_i \rangle$  и  $\sigma^2_{PER^*_i}$ , описанного в разделе 3.3, необходимо оценить выборочные средние  $\hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abz}(\bullet)}, \hat{\mu}_{\delta_{CP}^{Abz}(\bullet)}$ , дисперсии  $\hat{\sigma}^2_{\delta_{AP}^{Abz}(\bullet)}, \hat{\sigma}^2_{\delta_{CP}^{Abz}(\bullet)}$ , а также ковариации  $\hat{\gamma}(\delta_{AP}^{Abz}(\bullet), \delta_{CP}^{Abz}(\bullet))$  (см. приложение C, ур-я (23)-(26)). Обозначение  $(\bullet)$  является меткой-заполнителем как для  $OP_S(t)$ , так и для  $OP_C(t)$ . Значения  $\delta_{AP}^{Abz}(S), \delta_{AP}^{Abz}(S), \delta_{AP}^{Abz}(S)$  и  $\delta_{AP}^{Abz}(S)$  приведены в приложении D, таблицах 3-6.

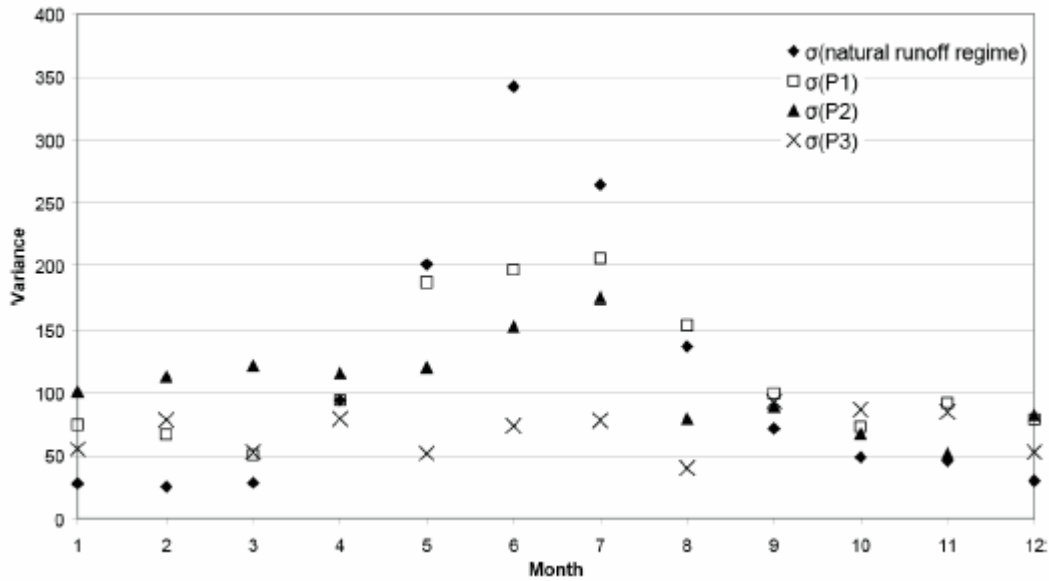


Рис.9. Месячные колебания стока рассчитываются по соответствующим периодам режима. В целом, регулирование реки человеком привело к общему снижению месячных колебаний стока. Это снижение наиболее выражено в ненарушаемые летние месяцы, т.е. июне-августе. См. также рис.8 по среднемесечному стоку.

Тот факт, что мы имеем дело с временными рядами разной длины, заставляет нас выбирать максимальный интервал периода управления для нашего анализа<sup>15</sup>. Период 2, т.е.  $CP(t)$  длился 7 лет и является кратчайшим выявленным периодом управления. Таким образом,  $AP(t)$  и  $OP_S(t)$  укорачиваются соответственно. Выбираем интервал 1998-2004 для  $AP$  и 1984-1990 для  $OP_S(t)$ <sup>16</sup>. Полученные значения для среднего и дисперсии показаны ниже в таблице 1. Для ковариаций

мы получаем соответственно  $\hat{\gamma}(\delta_{AP}^{Abs}(S), \delta_{CP}^{Abs}(S)) = 11854.6$  и  $\hat{\gamma}(\delta_{AP}^{Abs}(C), \delta_{CP}^{Abs}(C)) = 1149.0$ .

Таблица 1. Расчетные выборочное среднее и дисперсия. Временные ряды  $AP(t)$  и  $OP_S(t)$  были укорочены до 7 лет для выборочных оценок среднего, дисперсии и ковариации<sup>17</sup>.

<sup>15</sup> Как альтернативный подход можно рассчитать среднемесечные потоки для  $OP_S$ ,  $CP$  и  $AP$ , как они показаны на рис.8. Однако потеря временной информации вносит погрешность оценки в выборочные значения среднего, дисперсии и ковариации.

<sup>16</sup> Это обеспечивает ликвидацию влияния тренда в  $OP_S$ , происходящее вследствие наполнения Токтогульского водохранилища (см. также сноску 13).

<sup>17</sup>  $OP_C$ , приведенные в работе Cai, McKinney et al. 2003, даны как среднемесечные ряды значений. При вычислениях на основе данного расчетного оптимума мы просто допускаем, что месячные значения  $OP_C$  не изменяются в течение периода оценки (7 лет).

	$\delta_{AP}^{Abs} (S)$	$\delta_{CP}^{Abs} (S)$	$\delta_{AP}^{Abs} (C)$	$\delta_{CP}^{Abs} (C)$
$\mu$	260.3	198.5	155.4	120.4
$\sigma^2$	26505.9	17085.8	6034.9	7118.4

В заключение, мы вычисляем результативность режима и его дисперсию. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Средняя результативность режима и дисперсия в отношении  $OP_S$  и  $OP_C$ . В расчетах использованы значения из таблицы 1.

	$\langle PER_i^* \rangle$	$\sigma_{PER_i^*}^2$
$OP_S$	-0.01	1.07
$OP_C$	-0.21	0.64

## 5 Заключение

В последнем обзоре существующих подходов к измерению результативности международного режима Спринц (Sprinz, 2005) определяет семь вопросов, которые должны быть затронуты в будущих исследованиях в этой области. Одним из главных вопросов является межвременное сравнение и оценка выполнения. Как обсуждалось в разделе 2 и было показано на конкретном примере, внережимная контрфактуальная работа, а также оптимумы меняются во времени и по переменным масштабам (от месячных до десятилетних вариаций). Спринц затрагивает эту проблему, устанавливая абсолютные верхние и нижние границы, между которыми  $AP$ ,  $OP$  и  $CP$  могут изменяться во времени. На наш взгляд, данный подход не решает проблемы.

Во-первых, абсолютные верхние и нижние границы зависят от имеющейся проблемы политики и их трудно определить достаточно надежно. Одним из примеров является плохое экологическое состояние, где  $OP=0$  неизбежно приведет к высочайшему благосостоянию. Однако во многих других случаях эти границы неясны и/или спорны – например, верхние границы концентраций углекислого газа в атмосфере или определение оптимального уровня поверхностного стока, который очевидно меняется по сезонам и в соответствии с безвозвратным водопотреблением в нижнем течении. Спринц отмечает эту проблему, но при этом просто ссылается на анализ чувствительности для оценки надежности вычисленного уровня работы. Очевидно, этого недостаточно. Во-вторых, подобный подход не решает любую другую проблему среди упомянутых в разделе 2.

Методика, предложенная в этой статье, затрагивает эти пробелы на более систематической основе. Она учитывает тот факт, что  $AP$ ,  $CP$  и  $OP$  являются зависящими от времени переменными, которые относятся к определенной международной политике (или режиму) и к отдельным реализациям лежащих в основе стохастических процессов. В зависимости от наличия данных временного ряда надежного качества по результатам выполнения политики, наша методика может быть применена виртуально к международной (а также национальной или локальной политике) или международному режиму для изучения его работы (или результативности).

Для демонстрации эмпирической релевантности методики, мы провели оценку фактической результативности международного режима управления бассейном рек Нарын-Сырдарья (с упором на Токтогульском водохранилище в Кыргызстане). Результаты показывают, что данный режим в целом характеризуется низкой средней результативностью и высокой изменчивостью (см.  $\langle PER^*_i \rangle$  и  $\sigma^2_{PER^*_i}$  в таблице 2). По графикам среднемесячного стока на рис.8 можно отметить, что летние и зимние месяцы способствуют этой высокой изменчивости, в то время как работа режима весной и осенью близка к оптимальной.

Низкая средняя результативность и высокая изменчивость определенно представляют главную проблему Нарын-Сырдарьинского режима. Однако это не означает, что соглашение 1998 года по существу является неверным подходом или устаревшим. Работу режима можно, безусловно, улучшить в отношении оптимального графика попусков воды  $OP_C(t)$ . Это может быть достигнуто, подгоняя  $AP(t)$  ближе к  $OP(t)$  – см. определение  $\langle PER^*_i \rangle$  и уравнение (16). С этой целью можно сократить  $\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}$  и/или увеличить  $Cov(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})$ . Однако в нашем конкретном случае международного управления рекой через работу водохранилища, средний расход  $\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}$  намного сложнее контролировать, поскольку этот объем нельзя существенно увеличить или уменьшить, пока не будут построены новые плотины или не будут выведены из эксплуатации существующие плотины (см. также ниже). Вероятно, легче уменьшить временную изменчивость стока.

Практически, международные работы, спонсируемые Всемирным банком, ЮСАИД, ЕС и другими участниками, были сосредоточены на трех видах стратегий решения проблемы. Во-первых, техническая помощь странам бассейна сосредоточилась на прогнозировании сезонного стока, исходя из оценок выпадения осадков в верхней части бассейна (н-р, Shar et al. 2004), а также инструментах поддержки решений и оперативного планирования для управления водохранилищем и водно-энергетическими обменами между странами<sup>18</sup>. Улучшенные прогнозы водности в верхнем водосборе и спроса на воду со стороны Узбекистана и Казахстана, полученные значительно раньше

<sup>18</sup> [http://www.usaid.gov/locations/europe\\_eurasia/car/briefers/transboundary\\_water.html](http://www.usaid.gov/locations/europe_eurasia/car/briefers/transboundary_water.html)

вегетационного периода<sup>19</sup> могут быть полезны при разработке фиксированных правил работы Токтогульского водохранилища и хорошо выстроенных и прозрачных обменов водой и энергией. То есть эти инструменты могли бы сократить операционные издержки, которые при существующем международном режиме препятствуют многолетнему планированию и эффективному выполнению международных обязательств.

Во-вторых, напряженности между бассейновыми странами можно было бы избежать, если повысить КПД орошения в нижнем течении и эффективность использования энергии в верхнем течении – это бы уменьшило расхождение во времени интересов верхнего и нижнего течений в отношении попусков воды из Токтогульского водохранилища. Возвратные стоки объемом от 13.5 до 5.5 км<sup>3</sup> в год предполагают, что только около 40-50% водозабора в нижнем течении (в основном для целей орошения) относится к полностью безвозвратному водопотреблению. Отсюда следует, что имеются большие возможности для повышения эффективности водопотребления через хорошо известные технологии полива. Это явно снизит удельный забор воды на орошение. Таким образом, это позволит уменьшить попуски воды из Токтогульского водохранилища в вегетационный период (что сэкономит воду для производства электричества зимой) и поможет ослабить проблему загрязнения, связанную с возвратными стоками. Альтернативно, если при более высоких уровнях эффективности орошения в нижнем течении попуски воды в вегетационный период не были сокращены, это обеспечит больше воды для Аральского моря. Что касается эффективности использования энергии в верхнем течении, то Кыргызская энергетическая система является достаточно неэффективной с потерями от 40% и выше. Это частично является технической проблемой, а также частично проблемой неправильного государственного управления, коррупции и общего экономического кризиса Кыргызстана (с которым намного сложнее справиться). Более того, повышение эффективности энергопользования автоматически не приведет к меньшей выработке электричества Кыргызстаном зимой и поэтому меньшим попускам воды из Токтогульского водохранилища в межвегетационный период (предпочтительный результат с позиций стран нижнего течения). Кыргызстан может просто захотеть экспортировать излишки энергии, выработанной зимой, чтобы иметь валютные поступления. Другими словами повышение эффективности орошения и использования энергии может создать непредусмотренные, неправильные стимулы, которые придется решать.

В-третьих, структурные изменения в текущей гидротехнической системе, особенно строительство так называемых проектов Камбарата 1 и 2 выше Токтогула, может позволить Кыргызстану повысить выработку электроэнергии на ГЭС, при этом поддерживая емкость Токтогульского водохранилища для попусков воды в вегетационный период. Поэтому подобное решение будет выгодным для стран верхнего и нижнего течения. Однако планы по строительству проекта Камбарата были подготовлены еще в Советское время, но

---

<sup>19</sup> Одним из усложняющих факторов является изменение структуры посевных площадей в нижнем водосборе после развала СССР (в основном переход от хлопка к зерновым и другим культурам).



до сих пор не реализовались из-за большой неопределенности относительно финансовой жизнеспособности подобного проекта.

## Приложения

### Приложение А – Производная ожидаемого значения $PER_i^*$

Ожидаемое значение из уравнения (16) легко получается следующим путем:

$$\begin{aligned} \langle PER_i^* \rangle^+ &= 1 - \frac{1}{\mu_{CP}^2} \langle \delta_{AP}^{Abs} \delta_{CP}^{Abs} \rangle + \frac{2}{\mu_{CP}} \langle \delta_{AP}^{Abs} \rangle = \\ &= 1 + 2 \frac{\mu_{AP}}{\mu_{CP}} - \frac{1}{\mu_{CP}^2} (\langle \delta_{AP}^{Abs} \rangle \langle \delta_{CP}^{Abs} \rangle + Cov(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})) = \\ &= 1 + \frac{\mu_{AP}}{\mu_{CP}} - \frac{1}{\mu_{CP}^2} Cov(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs}) \end{aligned} \quad (18)$$

### Приложение В – Производная дисперсии $PER_i^*$

Согласно стандартному определению, имеем

$$\sigma_{PER_i^*}^2 = \langle PER_i^{*2} \rangle - \langle PER_i^* \rangle^2 \quad (19)$$

В случае если оба  $\delta_{AP}$  и  $\delta_{CP}$  имеют одинаковые знаки и используя результат уравнения (16), получим

$$\begin{aligned} \sigma_{PER_i^*}^2 &= \frac{4(\sigma_{\delta_{AP}^{Abs}}^2 + 3\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}^2)}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^2} + \frac{2Cov(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^3} - \frac{Cov(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})^2}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^4} + \\ &= \frac{\langle \delta_{AP}^{Abs2} \delta_{CP}^{Abs2} \rangle}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^4} - \frac{4\langle \delta_{AP}^{Abs2} \delta_{CP}^{Abs} \rangle}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^3} \end{aligned} \quad (20)$$

К сожалению, дисперсия  $PER_i^*$  не может быть определена без знания функций распределения вероятностей AP, CP и OP, поскольку должны быть определены моменты третьего и четвертого порядка (последние два члена из уравнения (20)). Таким образом, после несколько трудоемкого расчета, для отдельных членов более высокого порядка получим

$$\frac{\langle \delta_{AP}^{Abs2} \delta_{CP}^{Abs2} \rangle}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^4} \approx \frac{\mu_{\delta_{AP}^{Abs}} (4Cov(\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}, \mu_{\delta_{CP}^{Abs}}) + \mu_{\delta_{AP}^{Abs}} \mu_{\delta_{CP}^{Abs}})}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^3} \quad (21)$$

и

$$\frac{4 \langle \delta_{AP}^{Abs} \delta_{CP}^{Abs} \rangle}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^3} \approx \frac{\mu_{\delta_{AP}^{Abs}} (2 \text{Cov}(\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}, \mu_{\delta_{CP}^{Abs}}) + \mu_{\delta_{AP}^{Abs}} \mu_{\delta_{CP}^{Abs}})}{\mu_{\delta_{CP}^{Abs}}^3} \quad (22)$$

Подставляя эти результаты в уравнение (20) и упрощая ее, получаем уравнение (17). Здесь  $\sigma_{PER_i^*}^2 = \sigma_{PER_i^-}^2$ .

### Приложение С – Оценка выборочных значений

Отметим, что  $\mu_{\delta_{AP}^{Abs}}, \mu_{\delta_{CP}^{Abs}}, \sigma_{\delta_{AP}^{Abs}}^2, \sigma_{\delta_{CP}^{Abs}}^2$  и  $\text{Cov}(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})$  должны быть эмпирически оценены из имеющихся данных. Когда функции распределения вероятностей неизвестны, но имеется множество наблюдений  $\{\{\delta_{AP}^{Abs}(1), \delta_{CP}^{Abs}(1)\}, \{\delta_{AP}^{Abs}(2), \delta_{CP}^{Abs}(2)\}, \dots, \{\delta_{AP}^{Abs}(n), \delta_{CP}^{Abs}(n)\}\}$  во времени, моменты распределений  $\delta_{AP}^{Abs}$  и  $\delta_{CP}^{Abs}$  могут быть оценены из вычисленных выборочных значений

$$\hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abs}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \delta_{AP}^{Abs}(t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\delta_{AP}(t)| \quad (23)$$

и

$$\hat{\mu}_{\delta_{CP}^{Abs}} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \delta_{CP}^{Abs}(t) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |\delta_{CP}(t)| \quad (24)$$

соответственно для среднего. Оценка выборочных дисперсий выполняется следующим образом

$$\hat{\sigma}_{\delta_{AP}^{Abs}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\delta_{AP}^{Abs}(t) - \hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abs}})^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (|\delta_{AP}(t)| - \hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abs}})^2 \quad (25)$$

для дисперсии либо  $\delta_{AP}^{Abs}$ , либо  $\delta_{CP}^{Abs}$ . В уравнениях (23)-(25),  $n$  обозначает число имеющихся наблюдений.

Как уже упоминалось, временные случайные переменные являются функциями, чьи значения меняются во времени и наблюдаются как отдельные временные ряды стохастического процесса. Другими словами, наблюдения могут позитивно коррелироваться. Это улучшит выборочную оценку дисперсии, заданной ур-м (25), которое фактически является аппроксимацией и не учитывает эту автокорреляцию.

Аналогично,  $\text{Cov}(\delta_{AP}, \delta_{CP})$  может быть оценено из следующего выражения

$$\hat{\gamma}(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs}) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (\delta_{AP}^{Abs}(t) - \hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abs}})(\delta_{CP}^{Abs}(t) - \hat{\mu}_{\delta_{CP}^{Abs}}) \quad (26)$$

Как показано в работе Loucks, Stedinger et al. 1981. Если мы подставит выборочные оценки среднего  $\hat{\mu}_{\delta_{AP}^{Abs}}$ , дисперсии  $\hat{\sigma}_{\delta_{AP}^{Abs}}^2$  и ковариации  $\hat{\gamma}(\delta_{AP}^{Abs}, \delta_{CP}^{Abs})$  в уравнения (16) и (17), получим среднее значение и дисперсию  $PER_i^*$  за период оценки



Приложение D – данные по Токтогульскому водохранилищу

Таблица 3: Среднее и стандартное отклонение месячного стока с учетом режима управления. Нижняя строка отражает общее среднее и стандартное отклонение за периоды работы режима. Единицы измерения м<sup>3</sup>/с для  $\mu$  и  $\sigma$ . Последний столбец показывает данные из Cai, McKinney et al. 2003.

		Режим ненаруш. стока		Период 1	Период 2	Период 3	Оптим.			
Месяц	$\mu$	$\sigma$								
1	150.0	27.9	188.6	74.7	478.5	101.1	590.0	55.3	357.7	
2	151.1	25.5	202.1	67.2	464.2	113.0	561.8	78.6	426.2	
3	178.2	28.5	195.5	50.4	428.9	122.1	465.8	52.9	323.4	
4	314.7	94.3	271.9	94.2	350.2	115.6	367.0	79.6	426.2	
5	661.4	200.8	457.8	186.4	348.0	120.2	286.8	52.0	452.8	
6	969.3	342.2	550.9	196.3	450.1	152.6	270.6	73.8	468.0	
7	797.6	264.1	654.8	205.5	481.0	174.5	324.3	78.2	494.7	
8	516.9	137.0	521.7	153.9	354.1	79.5	316.6	40.3	490.9	
9	287.1	71.7	184.1	99.8	198.5	89.2	228.1	93.0	441.4	
10	230.4	48.8	142.6	73.0	234.5	67.7	313.7	86.8	300.6	
11	217.0	45.7	144.3	92.1	343.5	51.9	439.4	84.9	304.4	
12	174.1	30.1	188.5	79.2	479.7	82.3	590.6	53.0	418.6	
<b>Общее</b>		<b>388</b>	<b>307</b>	<b>311</b>	<b>215</b>	<b>384</b>	<b>139</b>	<b>396</b>	<b>141</b>	<b>409</b>

Таблица 4:  $\delta_{AP}^{Abs}(S)$  для исследуемого семилетнего периода управления. Единицы измерения м<sup>3</sup>/с.

Мес	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
1	293.7	368.0	451.0	385.3	407.0	281.0	286.0
2	233.7	344.0	382.7	424.7	323.7	266.0	159.3
3	172.0	295.3	194.7	0295.3	214.7	274.3	253.3
4	30.0	221.7	14.0	25.3	9.3	228.0	153.7
5	400.3	90.7	337.0	12.7	276.3	140.3	81.7
6	544.0	329.7	207.0	126.7	542.0	633.0	28.3
7	577.7	242.3	377.7	188.3	688.0	841.3	309.3
8	313.0	272.7	254.3	58.3	359.0	472.7	334.0
9	82.0	23.0	52.3	5.0	372.3	90.0	122.7
10	204.0	143.7	237.7	62.0	67.3	220.0	103.7
11	256.0	334.3	278.3	159.7	115.7	303.0	201.3
12	253.7	400.3	351.7	425.3	361.7	372.0	304.3

Таблица 5:  $\delta_{CP}^{Abs} (S)$  для исследуемого семилетнего периода управления. Единицы измерения м<sup>3</sup>/с.

Мес	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
1	163.7	145.0	229.0	342.7	386.3	229.0	275.0
2	73.0	158.7	145.0	358.3	362.0	213.7	238.7
3	2.7	178.0	119.0	386.7	340.3	187.3	176.7
4	53.3	90.7	29.7	348.0	26.3	68.7	24.7
5	131.3	71.3	306.7	229.0	330.3	220.3	18.0
6	30.7	102.3	240.7	210.7	414.7	308.0	24.3
7	23.7	194.0	533.7	233.3	328.7	643.0	186.0
8	85.0	149.7	338.3	63.3	364.0	459.3	368.3
9	89.7	60.0	111.0	195.0	371.7	82.3	126.0
10	150.0	146.3	158.7	129.7	58.0	86.3	176.7
11	196.0	200.7	229.7	205.7	17.3	169.7	32.7
12	94.3	260.7	287.0	374.0	258.0	307.0	138.0

Таблица 6:  $\delta_{AP}^{Abs} (C)$  для исследуемого семилетнего периода управления. Единицы измерения м<sup>3</sup>/с.

Месяц	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5	Год 6	Год 7
1	258.2	316.5	380.5	275.8	373.5	366.5	312.5
2	165.8	224.2	336.8	317.8	245.8	291.2	146.5
3	177.7	237.0	228.4	183.0	212.4	343.0	271.0
4	60.8	125.8	48.2	16.5	56.5	193.2	91.8
5	74.0	47.3	10.4	123.3	63.0	4.0	22.0
6	112.4	78.0	26.6	33.7	162.4	101.4	60.0
7	91.8	24.5	77.2	65.5	121.2	110.5	3.5
8	89.5	40.2	11.2	20.2	75.5	1.2	22.5
9	131.6	155.6	139.2	125.6	190.9	35.4	43.1
10	41.8	41.5	137.5	25.8	12.5	211.8	177.5
11	113.1	243.5	202.5	118.8	181.8	340.1	297.5
12	208.2	255.9	237.2	324.9	344.2	328.5	340.9

Таблица 7:  $\delta_{CP}^{Abz} (C)$  для исследуемого семилетнего периода управления. Единицы измерения м<sup>3</sup>/с.

<b>Месяц</b>	<b>Год1</b>	<b>Год 2</b>	<b>Год3</b>	<b>Год 4</b>	<b>Год 5</b>	<b>Год 6</b>	<b>Год 7</b>
<b>1</b>	128.2	93.5	158.5	233.2	352.8	314.5	301.5
<b>2</b>	5.2	38.8	99.2	251.5	284.2	238.8	225.8
<b>3</b>	3.0	119.7	152.7	340.4	338.0	256.0	194.4
<b>4</b>	22.5	5.2	4.5	306.2	20.8	33.8	37.2
<b>5</b>	195.0	114.7	40.7	118.4	117.0	76.0	77.6
<b>6</b>	401.0	149.3	7.0	50.3	35.0	223.6	56.0
<b>7</b>	462.2	72.8	78.8	20.5	238.2	87.8	119.8
<b>8</b>	138.5	82.8	72.8	15.2	80.5	12.2	11.8
<b>9</b>	123.9	118.6	80.6	64.4	190.2	136.9	205.5
<b>10</b>	12.2	44.1	58.5	93.5	3.2	78.1	102.9
<b>11</b>	53.1	109.8	153.8	164.8	83.5	206.8	128.8
<b>12</b>	48.9	116.2	172.5	273.5	240.5	263.5	174.5