

## **ПРОЦЕССЫ СЕДИМЕНТАЦИИ И БУДУЩАЯ ЕМКОСТЬ НУРЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

**О. Ольсон \*, И. Норматов \*\*, А. Sorokin \*\*\*, Ж. Фроебрих\***

*\*Институт качества воды и управления отходами, Д-30167, Германия, Ганновер, Ам Клейнен Фелде, 30*

*\* \*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ, 734002, Душанбе, ул. Парвин-12*

*\*\*\* Научно-технический центр “Тоза Дарье” (Чистая река), Узбекистан, 700187, Ташкент, м-в Карасу-4, 11*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для обеспечения рационального водопользования в полуаридных и аридных речных бассейнах путем разработки стратегии управления риска в сочетании с улучшением режима работы водохранилища важно получить надежную информацию относительно настоящего и будущего состояния водных ресурсов. Поэтому существенно определить фактические объемы пригодной для использования воды в больших водохранилищах речного бассейна.

Основная цель этого исследования состоит в том, чтобы идентифицировать и обеспечить данные, необходимые для детализированного исследования процессов седиментации Нурекского водохранилища, расположенного на реке Вахш в Таджикистане.

Режим седиментации - один из основных механизмов, затрудняющих опции управления, которые позволили бы осуществить приемлемое управление риском для бассейна Амударьи как в краткосрочном (например, для сухих лет), так и в долгосрочном (например, воздействие изменения климата на возможность использования воды в течение следующих 50 лет) временном масштабе.

Полученная информация будет использоваться для проведения мероприятий по контролю над седиментацией и встречных действий с целью уменьшения будущих потерь емкости.

Информация хранится в различных учреждениях бывшего Советского Союза и часто бывает представлена в виде фрагментов, объединенных в официальные доклады, и остается неопубликованной. В большинстве случаев оценить применимость и определенность данной информации не представляется возможным вследствие нехватки информации для сравнения.

Сравнение с прошлыми гидрологическими исследованиями седиментации Нурекского водохранилища показало, что емкость водохранилища в последнее время претерпела некоторые изменения. Первичный сбор данных должен отразить текущее состояние потерь емкости, вызванных седиментацией, а также обеспечить основу для проведения анализа данных в будущем и разработки расширенных правил работы в контексте стратегий управления седиментацией. Этот фактор расценивается как важнейший для достижения более рационального водопользования в бассейне Аральского моря.

### ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕКИ И ВОДОХРАНИЛИЩА

Нурекская плотина расположена приблизительно в 75 км к востоку от Душанбе (рис. 1) и представляет собой большую земляную насыпную плотину высотой 300 м. Водохранилище имеет проектную емкость  $10.5 \text{ км}^3$  (длина 70-километров, площадь поверхности  $98 \text{ км}^2$ , максимальная глубина 220 м.) и является самым большим в Таджикистане. Проектный уровень дна водохранилища равен примерно 680/690 м. абс., средний уровень поверхности (СУП) водоема имеет высоту 910 м. (абс.). Работа Нурекского водохранилища характеризуется колебаниями уровня воды от нормального уровня водоема 910 м. (абс.) до минимального рабочего уровня 857 м. (абс.). В пределах этого диапазона активный регулировочный объем защитного пруда составляет  $4.5 \text{ км}^3$ , обеспечивая сезонное регулирование стока реки Вахш, при этом в целом неактивный запас и мертвый запас между уровнями 680 - 857 м. (абс.) составлял, согласно проектной емкости,  $4.0 \text{ км}^3$  [1].

Помимо производства электроэнергии, водохранилище поставляет поливную воду приблизительно для 70 000 гектаров. Изъятие воды для ирригационных целей находится на уровне 855 м. (абс), это - ниже уровня неактивного объема Нурекского водохранилища (857 м абс.).

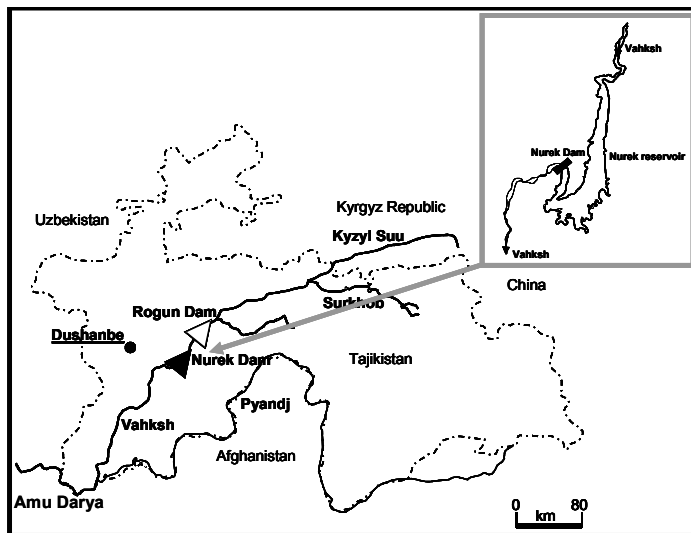


Рис.1. Притоки Амударьи Вахш и Пяндж и местоположение Нурекского водохранилища

Приток в Нурекское водохранилище и его твердый сток определяется гидрологическим режимом реки Вахш. Река Вахш берет начало в альпийских областях Памиро-Алая на юго-востоке Кыргызстана, где отроги ледника Абрамова и ледника Федченко способствуют формированию стока. Река Вахш, также известная на севере центральной части Таджикистана под названием Сурхоб, берет начало в Кыргызстане, где она называется Кызыл-Суу, и течет с севера центральной части Таджикистана на юго-запад. Длина Вахша до слияния с Пянджем составляет 524 км, и площадь водосборного бассейна реки в Таджикистане равна 31.2 тыс. км<sup>2</sup>. Самые крупные притоки Вахша - Муксу и Обихингоу [4]. Согласно Каюмову (2003), ежегодный средний расход Вахша составляет  $20.2 \text{ км}^3$ , это значение согласуется с величиной, полученной Гиз и др. (2004) - приблизительно  $20.0 \text{ км}^3/\text{г}$ .

Река имеет в основном снеговое, а также ледниковое и, в меньшей степени, дождевое питание, ее расход достигает максимума в летние месяцы: июль и август. Увеличение

расходов воды после зимней межени начинается во второй декаде марта, достигая максимальных значений в июле, затем начинается их уменьшение, продолжающееся до октября. Затем низкие уровни воды снова наблюдаются с октября до первой декады марта (приблизительно 5 месяцев). Минимальный расход с 150-170 м<sup>3</sup>/с наблюдается в январе [2].

#### ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ОБЪЕМА

В настоящее время отсутствует надежная база данных, позволяющая оценить твердый сток в Нурек. Однако в первом приближении современное исследование батиметрии водохранилища дает представление о потенциальных потерях его емкости.

Потери емкости Нурекского водохранилища были вычислены на основе обработки данных 1972г., 1989г. и 2001г. При этом учитывалась информация о проектном объеме водохранилища (1972) и гидрологические исследования распределения наносов по длине и глубине Нурекского водохранилища, проведенные Среднеазиатским отделением Всесоюзного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института (1989) [3]. Эта информация сравнивалась с обработанными данными (2001), полученными по проекту WB/GEF - Безопасность дамб и водохранилищ, 2003, обеспеченными Институтом водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Таджикистана.

Информация о типичном объеме наносов из реки Вахш в Нурекское водохранилище была получена из данных измерений за период 1972-1989 и более свежих данных Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Таджикистана.

#### ОБЗОР ТВЕРДОГО СТОКА, ХАРАКТЕРНОГО ДЛЯ РЕКИ ВАХШ.

Верховья речного бассейна Нурекского водохранилища подвержены частым оползням и лавинам. Кроме того, средний уклон Вахша очень велик, что приводит к очень высокой транспортной способности и размыванию. Потенциальное количество взвешенного материала и наносов, попадающих в водохранилище, велико, что приводит к непрерывной потере его емкости [1].

Среднегодовой твердый сток реки Вахш в Нурекское водохранилище по проекту был принят равным 88.7 миллионам м<sup>3</sup>/г, тогда как максимальный твердый сток, равный 4400 кг/с, имел место при расходе 782 м<sup>3</sup>/с, а минимальный твердый сток, равный 1470 кг/с - при расходе 487 м<sup>3</sup>/с (Табл.1). Состав наносов, поступающих в водохранилище, согласно описанию, представлял собой 37.5 % песка, 20.4 % ила и 42.1 % глины (Табл.2) [3].

Таблица 1. Средний годовой твердый сток реки Вахш, поступающий в Нурекское водохранилище.

	Расход, м <sup>3</sup> /с	Твердый сток, 1000 кг/с
Максим. скорость	782	4.4
Минимальн. скорость	487	1.47
Среднее	640	2.8

Таблица 2. Типичный состав наносов реки Вахша, поступающих в Нурекское водохранилище

Материал	Диаметр частиц, мм	Содержание по весу, %
Глина	< 0.01	42.1

Ил	0.05 – 0.01	20.4
Мелкий песок	0.25 – 0.05	34.2
Крупный песок	> 0.25	3.3

Распределение твердого стока по сезонам показано в таблице 3. Основная доля - 62 % - от годового твердого стока приходится на период с июля по сентябрь, который является также периодом максимального (49 %) годового речного стока.

**Таблица 3.** Распределение по сезонам расхода и среднегодового транспорта наносов для реки Вахш.

Период	Расход, %	Твердый сток, %
Октябрь - февраль	15	1
Март - июнь	36	37
Июль - сентябрь	49	62

### СЕДИМЕНТАЦИЯ НУРЕКСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В отчете Международного банка (2005) сказано, что в течение прошлых 25 лет были потеряны примерно 50 метров из 300, но Нурек будет в состоянии работать в течение по крайней мере еще 30 лет даже без удаления ила (р.41-2). В более раннем отчете Международного банка (2003) утверждается, что "емкость Нурекского водохранилища сократилась на 67 процентов за прошлые 26 лет".

На рис.2 показан первоначальный проектный объем (полужирная линия) Нурекского водохранилища для различных уровней воды. Шерман и Рафиков (1992) доказали, что конфигурация массы наносов согласно съемке 1989г. (серая пунктирная линия) показывает, что объем отложений после 18 лет работы составляет 1.84 км<sup>3</sup>. В октябре 1989 8.66 км<sup>3</sup> оставались незаиленными. Объем отложений в пределах мертвого объема ниже уровня 857 м. (абс.) составляет приблизительно 700 млн м<sup>3</sup>, что означает, что полезный объем был заилен на 1.1 км<sup>3</sup>.

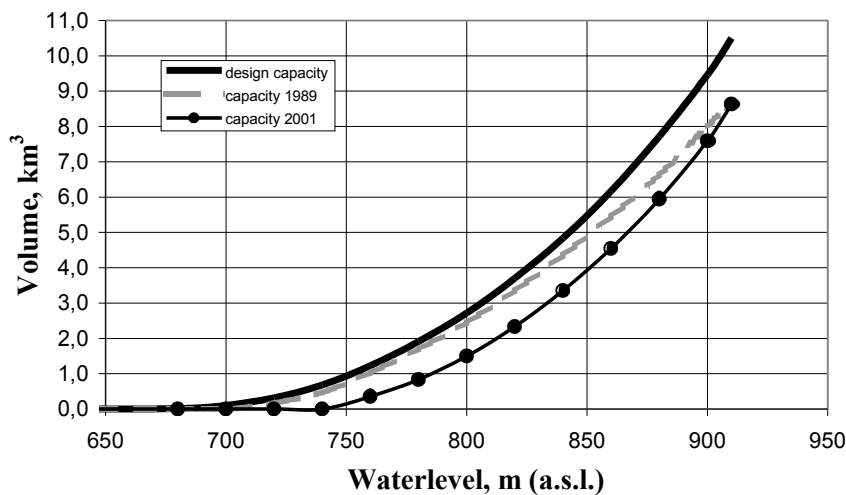


Рис. 2. Кривые оценки повышения объема Нурекского водохранилища.

С момента пуска водохранилища Вахш в 1972г. при среднем уровне воды 910 м. (абс.) емкость сократилась на 17 %: от 10.5 км<sup>3</sup> до 8.7 км<sup>3</sup>. Это в среднем немного более чем 62 миллионов м<sup>3</sup>/а.

По сравнению с данными с 1989, обработанные данные (2001), полученные по проекту WB/GEF - безопасность дамб и водохранилищ бассейнов - не указывают на какие-либо дальнейшие потери емкости водохранилища. Однако, согласно свежим данным, имеется несоответствие полезного и мертвого объемов в рамках процессов седиментации. Если рассматривать предположительные потери емкости, то получается, что имеет место восстановление полезного объема за счет уменьшения потерь от 1.12 км<sup>3</sup>(1989) до 0.24 км<sup>3</sup> (2001). Между тем, происходила повышенная седиментация в мертвом объеме, которая уменьшила объем от 0.7 км<sup>3</sup> (1989) до 1.7 км<sup>3</sup> (2001).

Шерман и др. (1992) при описании процесса седиментации в 1989 указывал, что слой наносов имел среднюю толщину 10 - 20 м. и максимум 40 м. в пределах последних 20 км водохранилища вплоть до дамбы. Этот объем наносов был обнаружен в пределах мертвого объема и не превышал высоту 756 м. (абс). Потеря полезного объема была вызвана главным образом отложением наносов в верхних частях в пределах первых 30 - 35 км водохранилища.

Это, возможно, является признаком изменения потерь емкости в период с 1989 до 2001. Можно предположить, что наносы были перемещены за счет эффекта сброса от верхних к нижним частям водохранилища и заилились в огромном мертвом объеме, расположенном в пределах последних 20 км перед дамбой.

Изменение в сезонном режиме работы в период с 1989 до 2001 могло вызвать сокращение дальнейших потерь объема водохранилища и обусловить в последние годы постоянство суммарного объема водохранилища в размерах 8.7 км<sup>3</sup>.

При предыдущем режиме работы, который практиковался в 1989, был характерен максимальный уровень воды с ноября по май, сменявшийся интенсивным попуском до августа. Период пополнения и повышения уровня продолжался затем до ноября. Поэтому пополнение происходило при самом высоком притоке твердого стока (Табл. 3). Сдвинутый режим работы характеризуется непрерывным понижением уровня в течение зимних месяцев до минимального уровня в мае. Период пополнения происходит до сентября, когда достигается максимальный уровень, затем снова следует непрерывное понижение уровня до мая. Можно предположить, что смещение притока с августа по ноябрь на действующий режим с мая по сентябрь влияет на процессы отложения наносов за счет уменьшения притока твердых наносов. Из-за непрерывного и увеличенного летнего пуска водохранилища существует эффект прохождения твердых наносов через водохранилище.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Представленные результаты оценивают в первом приближении величину потерь емкости и процессы седиментации. Без дальнейшей сравнительной информации о батиметрии водохранилища невозможно более надежно оценить потери емкости и уменьшить несоответствия в вычислениях объема. Это очень важно, если изменения уровня воды используется для оценки фактических объемов притока с учетом потерь за счет испарения и зарегистрированных попусков.

Принимая во внимание результаты определения возможных потерь емкости

водохранилища, можно утверждать, что Нурек с мертвым объемом, составляющим 4 км<sup>3</sup>, будет в состоянии работать даже без удаления ила в течение по крайней мере еще 60 лет.

Результаты показывают, что необходимо усовершенствовать контроль над седиментацией водохранилища, чтобы избежать дальнейших потерь его емкости. Необходимо определить, какое управление наносами является наиболее приемлемым в случае специфических особенностей Нурекского водохранилища и как это может быть осуществлено при улучшенном методе работы водохранилища. Возможно, приемлемой окажется методика управления наносами, заключающаяся в систематической промывке и образовании протоков.

Полученные данные подчеркивают необходимость уделить особое внимание будущим тенденциям в потерях емкости при международном обсуждении совместного использования водных ресурсов в бассейне Аральского моря, в основе которого до последнего времени лежали старые запланированные емкости. Чтобы сузить эту недостоверность и обеспечить более реальные данные планирования, намечено провести дополнительную батиметрическую съемку в рамках продолжающегося проекта Jayhun ЕС. Новое знание фактической емкости водохранилища, как полагают, является важным первым шагом к развитию адаптированных стратегий управления риском в бассейне Аральского моря. Вместе с уточненной информацией о современных процессах седиментации представленные результаты будут использоваться для разработки возможных изменений работы водохранилища и ее воздействия как на производство гидроэлектроэнергии в Таджикистане, так и на использование воды в низовьях.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Froebrich, J., Olsson, O., Bauer, M., Normatov, I., Petrov, G. (accepted): Improved dam operation in the Amu Darya river basin including transboundary aspects, International symposium on dams in the societies of the 21st century, ICOLD congress, Barcelona 18th June 2006.
2. Savchenkov, N.G., Osadchii, L.G., Kolesnichenko, A.I., Dokuchaev, S.M. and Dubinchik, E.I. (1989): Damming the Vakhsh River Channel at the Site of the Rogun Hydroelectric Station. Power Technology and Engineering. Vol.23. No.
3. Sherman, S. and Rafikov, V. (1992): Sedimentation of the Nurek reservoir. Power Technology and Engineering (formerly Hydrotechnical Construction). Vol. 25. No. 10. 668 - 673, Springer New York
4. United Nations Economic Commission for Europe (2004): Chapter 8: Water Resources Management. Environmental Performance Reviews: Tajikistan. United Nations: New York and Geneva.
5. World Bank (2003), Memorandum of the President of the international development association to executive directors on a country assistance strategy for the Republic of Tajikistan, Report No. 25329-TJ
6. World Bank (2005), Tajikistan: Trade diagnostic Study, Report No. 32603-TJ