

Валиев Ш.Ф., Усупаев Ш.Э.

ЗАИЛЕНИЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЗАРЕГУЛИРУЕМЫМ РЕЧНЫМ СТОКОМ

Валиев Ш.Ф., Усупаев Ш.Э.

ТУНМА ПАЙДА БУЛУШУ ЖӨНГӨ САЛЫНГАН ТОО АГЫМЫН БАШКАРУУНУН КӨРСӨТКҮЧҮ КАТАРЫ

Valiev Sh.F., Usupaev Sh.E.

THE DEPOSITION HOW INDICATOR OF QUALITY MANAGEMENT OF RIVER FLOW REGULATION

УДК:556/32

Уровень и объем заиления как процесса накопления осадков на дне водоемов, являются показателем эффективного использования водохранилища.

Тунма пайда булушунун деңгээли жана көлөмү суу көөлмөлөрүнүн түбүндөгү тунмалардын чогулуу процесси катары, суусактагычын эффективдүү колдонууну көрсөткүчү болуп саналат.

The level and extent of deposition as a process of accumulation of sediments on the bottom of water bodies, are an indication of the effective use of the reservoir.

Водохранилища в условиях неравномерного распределения речного стока в Таджикистане выступают в качестве его эффективного регулятора. Они имеют огромное значение для народного хозяйства страны, выполняя ирригационную, мелиоративную, рекреационную и др. функции.

В настоящее время на территории Таджикистана функционируют 11 водохранилищ ирригационного, энергетического и комплексного назначений (табл.1).

Водохранилище	Река	Год	Объем, км ³		Площадь зеркала, км ²	Назначение*
			полный	полезный		
1. Кайраккумское	Сырдарья	1956	4,10	2,67	430	Э, И
2. Нурекское	Вахш	1979	10,50	4,50	185	Э, И
3. Фархадское	Сырдарья	1947	0,33	0,20	46	И
4. Байпазинское	Вахш	1986	0,23	0,02	5,0	Э, И
5. Сангтудинское I	Вахш	2009	0,26	0,01	5,1	Э
6. Сангтудинское II	Вахш	2012	0,20	0,01	5,0	Э
7. Головное	Вахш	1962	0,10	0,02	6,5	Э, И
8. Даганасайское	Сырдарья	1981	0,06	0,02	2,1	И
9. Каттасайское	Каттасай	1965	0,06	0,03	2,0	И
10. Муминабадское	Обишур	1960	0,03	0,03	2,9	И
11. Сельбурское	Кызылсу	1964	0,03	0,03	2,6	И
Всего			15,9	7,54	692,2	

* - Э – энергетическое, И – ирригационное. *Источник: министерство энергетики и водных ресурсов РТ.*

Водохранилища Таджикистана относятся к равнинным (Кайраккумское, Фархадское, Даганасайское, Каттасайское, Муминабадское и Сельбурское) и горным (Нурекское, Байпазинское, Сангтудинское I, Сангтудинское II, Головное) типам. Большинство из них являются русловыми, а Муминабадское и Сельбурское – наливными.

Крупнейшими по общему объему и площади зеркала являются Нурекское и Кайраккумское водохранилища. Нурекское водохранилище представляет каменно-насыпную плотину высотой 300 м с максимальной глубиной 220 м. Помимо энергетической функции, водохранилище выполняет ирригационную роль, обеспечивая водой 70 тыс.га земли через Вахш-Дангаринский туннель (13,8 км), которым производится изъятие воды на уровне 855 м – ниже уровня мертвого объема (УМО) (857 м) водохранилища.

Одним из критериев эффективного функционирования водохранилищ считается уровень заиленности дна (ложи) [1–2,8]. Поэтому этой проблеме придается особое значение. Как показывают наблюдения, все водохранилища Таджикистана в той или иной степени заилены. Наибольший интерес с точки зрения оценки геоэкологических условий и устойчивости функционирования водохранилищ представляет состояние заиленности крупных водохранилищ. О заиленности Кайраккумского водохранилища имеются сравнительно достоверные данные. По данным А.С. Судольского [14] объем заиления водохранилища за 1956-1987 гг. равнялся 1365 млн.м³ из которых доля русловых наносов равнялась 1357 млн.м³ (99,4%), а береговых обрушений – 8 млн.м³ (0,6%). Причем из общего объема всех насосов по р. Сырдарье за этот период заиление между створами составило 694,5 млн.м³, объем

взвешенных наносов – 441,6 млн.м³, а объем влекомых наносов – 221 млн.м³. Наиболее сильно заилены приплотинная и центральная части, а также крайняя восточная часть – подпорная область, где накоплены грубообломочные наносы. Выявлено, что дополнительно к русловому наносу большой (по значению модуля стока) объем твердого стока поступает со склонов (особенно правого). Подробно изучена также донная литология водохранилища [14]. Установлено, что дно водохранилища заилено грунтами разного генезиса: в центральной и приплотинной частях, на глубинах 9,5-16 м распространены первичные грунты – илы серого цвета с насыщенным растительным детритом. В верховьях, в восточной части водохранилища, на глубине 2-3,2 м залегают вторичные грунты–илы, занесенные со склонов. Крайняя восточная часть водохранилища занята серыми илами. Исследователи считают, что общий объем Кайраккумского водохранилища сократился на 70-75%.

О реальных масштабах заилиения Нурекского водохранилища, однако, нет полных сведений. Имеющиеся, доступные, данные порой противоречивые. Данные разнятся даже у одного и того же источника. Так, в отчете Международного банка за 2003 г. [3] было указано, что за первые 26 лет емкость водохранилища сократилась на 67%, а в своем отчете 2005 г. Международный банк отмечает, что в течение первых 25 лет работы водохранилища потеряны около 50 метров из 300 проектных, а водохранилище будет в состоянии работать в течение, по крайней мере еще 30 лет даже без удаления ила [4].

По оценкам ОАО «Гидропроект» [12, с. 78] за 17 лет (т.е. за 1972-1989 гг. – *Авторы*) эксплуатации Нурекского водохранилища, потери полезной емкости в 4,6 млрд.м³ выше УМО (857 м) составляют 0,09 млрд.м³, за 29 лет эксплуатации (1972-2001 гг. – *Авторы*) – 0,452 млрд.м³, к 2010 г. – 0,631 млрд.м³ или, соответственно, 2%, 10% и 14% от объема полезной емкости». Но, по данным этого же отчета объем водохранилища с 1994 по 2001, т.е. за 7 лет, остался неизменным (соответственно 7,965 и 7,97 км³).

По наблюдениям Ольсона О. и др. [10] объем заилиения в первые 18 лет функционирования водохранилища составлял 1,84 км³, а полезный объем заилен на 1,1 км³. В период 1972–1990 гг., при среднем уровне воды 910 м (НПУ) емкость водохранилища сократилась на 17 %: с 10,5 км³ на 8,7 км³. Это в среднем немного более чем 62 млн.м³/год [10,с.121]. Далее авторы заключают, что водохранилище с мертвым объемом в 4 км³ «будет в состоянии работать даже без удаления ила в течение, по крайней мере, еще 60 лет» [10, с.122].

Шерман С. и Рафиков В. [2] указывают, что слой наносов к 1989 г. имел мощность 10-20, максимум 40 м в пределах последних 20 км водохранилища вплоть до дамбы. Этот объем в пределах мертвого объема и не превышает отметку

756 м. (абс). Потеря полезного объема вызвана главным образом отложением наносов в верхних частях, в пределах первых 30-35 км водохранилища. Изменение в сезонном режиме работы в период 1989-2001 гг. могло привести к сокращению потерь объема водохранилища. К этому времени общий объем водохранилища составлял 8,7 км³, т.е. уменьшился на 1,8 км³.

Ёров А. [7] исходя из оценки годового объема стока наносов р.Вахш в 40 млн.т. отмечает, что «если проектный объем водохранилища составлял 10,5 кубокилометров, то теперь он уменьшился более чем на два кубокилометра» и «...средняя толщина донных отложений за три года эксплуатации Нурекского водохранилища составила 22 м. вместо 9 м. по проекту». Он отмечает, что заилиение приводит к сокращению проектных экономических показателей и срока службы водохранилища. Всего за каких-то два года водохранилище заилилось более чем на 70% своего объема. Теперь эффективность на 30% меньше, чем планировалось при строительстве. Но в заключение утверждает, что «если принять проектные данные о взвешенных наносах р. Вахш (90 млн.тонн или 70 млн.м³ в год), то в идеальном случае заилиение ёмкости мертвого горизонта происходит за 80-90 лет, т.е. в 2045-2055 годы».

Петров Г.Н. приводит сведение об объеме заилиения водохранилища на уровне 40-50%и считает, что «если сейчас поставить задачу по очистке дна Нурекского водохранилища, понадобится как минимум 150 лет» [11].

Оценкой заилиения Нурекского водохранилища в последние годы усиленно занимаются специалисты из Узбекистана. Так, председатель Госводхознадзора Узбекистана Камалов Т. уверен, что из-за заилиения «мертвый объем с одного кубокилометра увеличился до шести» [13]. Такие суждения были оценены как необоснованные, тенденциозные и далекие от реалии [6], поскольку при таком уровне заилиения, в межени, у плотины, на УМО было бы видно дно водохранилища.

Если принять проектный объем русловых наносов в 88,7 млн.м³/год за постоянный показатель, то за весь период функционирования Нурекского водохранилища объем заилиения составит 3,5 млрд. км³ или 33% общей его проектной емкости. Тут надо учесть, что в первые 20 лет эксплуатации водохранилища его дно систематически очищалось.

Как видно, заилиение Нурекского водохранилища оценивается по-разному. Разные оценки объема и масштабов заилиения водохранилища связаны с изменением режима управления заилиением. До 1992 г. производилась очистка дна путем промывки наносов выпуском воды из водохранилища в осенний период с забором электроэнергии из Единой электроэнергетической системы СССР. Одновременно с этим в этот период осуществлялись батиметрические измерения, моделирование заилиения, специализированные работы. Последние десятилетия такие работы не ведутся, в связи с отсоединением от

Единой электроэнергетической системы приостановлена очистка, изменен годовой режим эксплуатации водохранилища.

Разброс значений объема заилений, связан с одним досадным упущением, которое имеет место почти у всех исследователей. Исследователи обычно сходятся в том, что объем заиления почти полностью определяется объемом русловых наносов, т.е. объем заиления равняется объему поступивших наносов, забывая о том, что наносы, состоящих полностью (на 97%) из мелко- и тонкообломочных фракций, на дне за прошедшие четыре десятилетия испытывали уплотнение, дегидратацию. С учетом диагенеза объем заиления Нурекского водохранилища должен быть меньше чем декларируемый.

Другое упущение заключается в том, что роль сносимых с бортов водохранилища обломочных материалов в приросте объема заиления не учитывается. Вопрос о внерусловых наносах, их объеме и масштабах развития остается открытым, их роль в приросте заиления не оценена. Бортовые, склоновые (в контуре водохранилища) аккумулярующие процессы в районе Кайраккумского водохранилища были изучены в 60-х гг. прошлого века. Прошедшие полвека, характеризующиеся весьма интенсивной техногенной деятельностью, несомненно, многократно активизировали склоновые процессы (денудацию, эрозию, смыв и т.п.), последствия и масштабы которых пока не оценены.

В районе Нурекского водохранилища в течение последних десятилетий идет активное освоение (обильный полив, распашка земель, интенсивное земледелие и т.п.) левого борта, представляющего собой широкую, слабо пологую (2-6°) ложину, с поверхности которой эродируется огромный объем обломочного материала, на 99,8% состоящей из мелкой фракции (<0,05 мм). С этой поверхности, по нашим расчетам, в водохранилище ежегодно поступает около 1,3 млн.м³ материала. Этот объем составляет всего 1,2% проектного стока взвешенных наносов, поступающего по руслу [15], он поступает непосредственно в рабочую зону (полезный объем) водохранилища. Кроме того, модуль стока взвешенных наносов, равный 11400 т/км², более чем в 6 раз превышает среднее его значение для р.Вахш в целом [15]. Этот твердый сток приводит к росту заиления в близплотинной зоне, что представляет явную угрозу для эффективного функционирования водохранилища.

Из изложенного следует, что заиление крупных водохранилищ Таджикистана представляется не простой геометрической задачей, а сложной проблемой, для изучения которой требуется проведение специализированных исследований.

Заиление характерно и для других водохранилищ Таджикистана. Так, Фархадское водохранилище на севере республики в настоящее время заилено на 82-85% (рис.1).

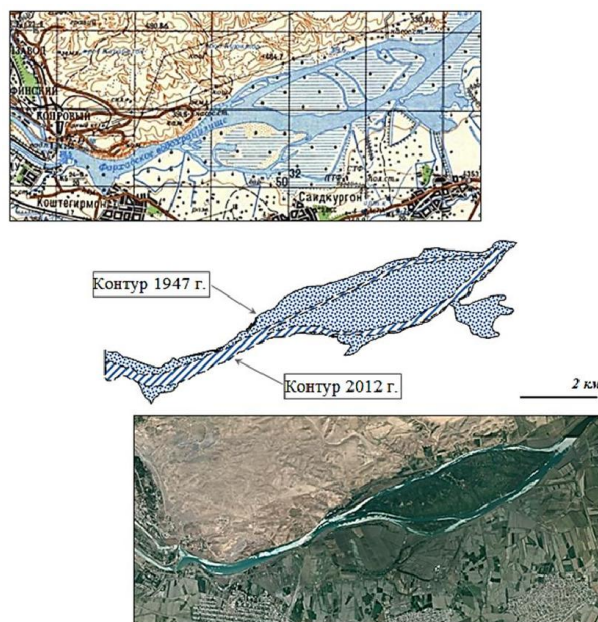


Рис.1. Сокращение площади (и объема) Фархадского водохранилища из-за заиления.

Источники: Топокарта 1:100 000; Google Earth Map.

Головное водохранилище на юго-западе страны заилено на 65-70% (рис.2). Для Головного водохранилища характерно то, что заилен только северо-западный (правый) борт, а левый, крутопадающий склон, сложенный скальными, коренными, породами – практически не затронут им. Заиление правого борта связано с интенсивной эрозией, развитой на пологопадающем склоне, состоящем из современных делювиально-пролювиальных и аллювиальных отложений.

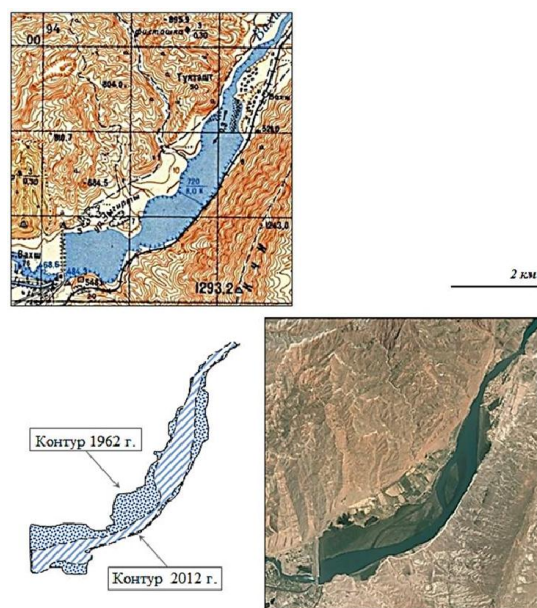


Рис.2. Боковое заиление в Головном водохранилище за счет плоскостного смыва правого берега и поступления пролювиальных отложений.

Источники: Топокарта 1:100 000; GoogleEarthMap.

Практически прекратило свое существование наливное Сельбурское водохранилище, причиной которого послужили частичное заилиение и нарушение режима эксплуатации. Данные о заилиении недавно построенных водохранилищ – Сангтудинское I и Сангтудинское II пока нет, однако согласно проектным данным уровень заилиения водохранилищ в перспективе считается низким, поскольку в них через верхние по течению водохранилища поступает меньше наносов.

Заилиение водохранилищ в Таджикистане связано с высокой мутностью впадающих в них рек. Биленко В.А. [6] изучив процесс заилиения водохранилищ на реке Нарын в Кыргызстане установил, что «объем заилиения почти полностью определяется объемом взвешенных наносов, донные наносы не оказывают существенного влияния на заилиение водохранилища», а сами взвешенные наносы практически есть осаждающаяся муть. Мутность р.Нарын выше створа Токтогульской ГЭС и р.Вахш имеют близкие значения,обладают сильной внутригодовой изменчивостью. При этом внутригодовое распределение мутности смещены и отличаются (рис.3).

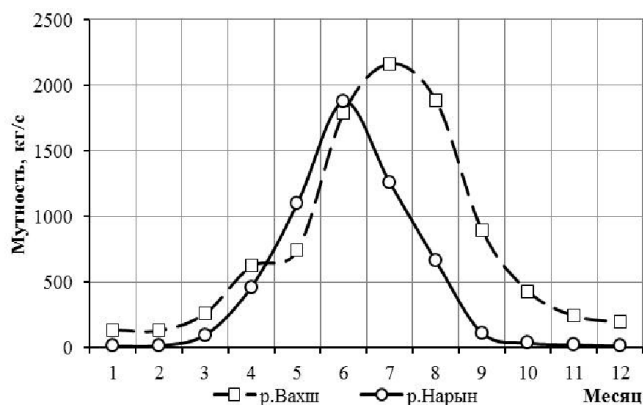


Рис.3.Внутригодовое распределение мутности (наносов) в реках Вахш (створ Кипрог) и Нарын (створ Уч-Терек).
Источники: ГУ Таджикгидромет; Биленко В.А. [6].

Заилиение водохранилищ Таджикистана имеет высокие темпы из-за значительного объема твёрдого стока. Большой уклон ложи р.Вахш выше створа Нурекского водохранилища обеспечивает ее высокую транспортную способность. Проектный среднегодовой твердый сток реки в водохранилище равен 88,7 млн.м³/год. Состав наносов, поступающих в водохранилище, согласно гранулометрического состава по описанию, представлял собой 37.5 % песка, 20.4 % ила и 42.1 % глины, или фракция тоньше 0,05 мм составляет 96,7%.

Для эффективного управления заилиением Нурекского водохранилища надо учесть, что этот процесс зависит от многих факторов: регулирования уровня путём сработки и наполнения ёмкости, работы Вахш-Дангаринского ирригационного туннеля, забирающего воду из нижней части полезного объема, пусков через гидроагрегаты, внутригодового режима реки, режима поверхностных и

глубинных водосбросов и др.

Заилиение является «визитной карточкой» практически всех водохранилищ мира [1,8]. Мировая практика показывает, что лучшим способом борьбы с заилиением следует считать управление им.

Характер и динамика заилиения зависит от типа водохранилищ, и соответственно этому и принимаются разные методы борьбы с ним [8]. В равнинных, сточных реках с их сложными режимами регулирования интенсивность заилиения контролируется искусным управлением уровня реки. Коновалов С.М., изучивший геоэкологию зарегулированной Волги, отмечает, что «за последние 50–60 лет на р.Волгасооружено более 300 водохранилищ», которые превратили реку «в цепь слабопроточных водоёмов», «Волга перегорожена глухими плотинами – тромбами» [9, с.244]. Далее он описывает «странную» гидрологию этой некогда великой реки: «Ни с того ни с сего она вдруг начинает течь вспять или вовсе останавливается... Стоячая река теряет способность к самоочищению, ухудшая и без того сложную экологическую обстановку... Отсюда из-за низкой пропускной способности очистных сооружений создается угроза для здоровья населения городов... Во всей гидрографической системе Волги водообмен уменьшился в 12 раз» [9, с.244-245.]. По оценкам Коновалова С.М. сброс сточных вод в бассейне Волги достигает 25 км³/год при расходе воды только в районе Волгограда в 250 км³/год, что при отношении 1:20–1:30 разведения сточных вод чистыми является недопустимы.

Такие проблемы не грозят как функционирующим, так и проектируемым водохранилищам Таджикистана, поскольку они являются проточными и поэтому обладают повышенным водообменом, что способствует улучшению их геоэкологического состояния.

Таким образом, анализ проблемы заилиения водохранилищ Таджикистана показывает, что они в разной степени подвержены этому геоэкологическому явлению. Наибольшую угрозу заилиение представляет для крупных водохранилищ – Нурекского и Кайраккумского. Анализ механизмов и динамики заилиения выявляет, что оно происходит не только за счет речных наносов. Большие объемы обломочного материала поступает также со склонов (бортов) водохранилищ. Их угрожающий характер заключается в том, что они транспортируются непосредственно в рабочую зону водохранилища.

Выводы

1. Приведенный материал позволяет делать вывод о том, что проблема заилиения не устраняется простым удалением накопившего материала, на многозатратности, вообще нереальность которого обычно ссылаются исследователи. Эта проблема на примере Нурекского водохранилища должна решаться совершенствованием управления режимов эксплуатации водохранилища, ирригационного туннеля и внутригодового режима реки.

2. Для изучения современного геоэкологи-

ческого состояния заиленности водохранилищ Таджикистана требуется проведение специализированных исследований, целью которых должно быть выявление пространственного донного распределения наносов, оценка реальных масштабов заиления и установление вклада склоновых (бортовых) эрозионных процессов в общем объеме заиления.

Литература

1. Morris Gregory L., Fan Jiahua. Reservoir Sedimentation Handbook, McGraw-Hill Book Co., New York. 1998. - 784 с.
2. Sherman S., Rafikov V. Sedimentation of the Nurek reservoir. Power Technology and Engineering (formerly Hydrotechnical Construction). Springer New York, 1992. V.25. No.10. – P.668 -673.
3. World Bank. 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. 2003.
4. World Bank.Tajikistan: Trade diagnostic Study, Report No. 32603-TJ. 2005.
5. Арифов Х.О. /Газета «Бизнес и политика». 18.04.2011. Адрес доступа:<http://gazeta-bip.net/problems/1509-2011-04-18-08-02-11>.
6. Биленко В.А. Заиление водохранилищ на реке Нарын/Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 2. Бишкек: Изд-во КРСУ, 2002. Адрес доступа: <http://www.planet.elcat.kg/?article=6&cont=article>.
7. Ёров А.Ё. Влияние гидрофизических процессов водохранилища на мелиоративные характеристики орошаемых земель. Автореф.... канд.тех. н. Душанбе 2002, 23 с.
8. Заиление водохранилищ и борьба с ним. М.: Колос, 1970.-320 с.
9. Коновалов С.М. Волга – экологический диагноз/ Экологическая альтернатива: истоки беды. Знаки беды. –М.: Прогресс,1990.-С.239-261.
10. Ольсон О., Норматов И., А. Sorokin, Фробрих Ж. Процессы седиментации и будущая емкость Нурекского водохранилища/Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе. Труды международной научной конференции. Москва, 19-20 октября 2006 г. Секция 6. –С.116-123.
11. Петров Г.Н. Комплекс прикладных методов и моделей для совершенствования использования водноэнергетических ресурсов трансграничных рек Центральной Азии. Автореф..., докт.тех.наук. М., 2012. – 56 с.
12. Результаты изучения заиления дна Нурекского водохранилища на р.Вахш (Таджикистан). Отчет ОАО «Гидропроект» № 922-34-700.Ташкент, 2005.
13. Рискованные плотины//Новый век. 10.9.2009, № 36. Адрес доступа: <http://sreda.uz/index.php?newsid=261>.
14. Судольский А.С. Динамические явления в водоемах. Л.: Гидрометеиздат. 1991. – 260 с
15. Таджикистан. Природа и природные ресурсы. Душанбе: Дониш, 1982. -602 с.

Рецензент: д.ф.-м.н., профессор Искандаров С.