

К.И.Байманов, Р.К.Байманов

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕФОРМИРОВАНИЯ БЬЕФОВ НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ В НИЗОВЬЯХ РАВНИННЫХ РЕК.

Ключевые слова: жидкий и твердый сток, гидравлические и наносные режимы, заиление и занесение верхнего бьефа, формирования бьефов низконапорного гидроузла.

Keywords: liquid and solid runoff, hydraulic and alluvial regimes, siltation and deposition of the upper stream, formation of the low-pressure hydraulic unit.

В статье излагаются результаты многолетних натурных исследований переформирования бьефов в зоне Тахиаташского гидроузла. Отмечено, что из – за маловодья значительную часть года Тахиаташская плотина работала с полностью закрытыми затворами во всех пролетах. В эти годы роль регулирования уровнем режимом щитовой плотинной почти теряется, а регулируются концевыми регуляторами магистральных каналов.

Приводятся данные сравнения фактических расходов, мутности и подпоров на Тахиаташском гидроузле с расчетными. Доказывается, что резкие колебания уровня воды перед плотинной и водозабором в каналы приводят к изменению гидравлического и наносного режима щитовой плотинной и каналов. Как показал анализ съемки поперечников русла реки в бьефах Тахиаташского гидроузла в начальном периоде эксплуатации идет повышение отметок дна в верхнем бьефе и понижение отметок дна в нижнем бьефе. Дальнейшие годы эксплуатации (после 1982 г.) характеризовались стабильностью протекающих русловых процессов, что каждому характерному году свойственен свой уровень и расходный режим. Отмечено, что в многоводные годы с водозаборами не возникло затруднений, а главные трудности связаны с пропуском паводковых расходов через щитовую плотинну. В последние годы наблюдавшиеся быстрый подъем уровня воды в верхнем бьефе, несмотря на всех открытых затворов плотинной, судоходного шлюза и водозаборных сооружений, которые объясняются влиянием занесенных бьефов на пропускную способность щитовой плотинной. Обосновано, что без всякого ущерба водозабору в вегетационный период можно эффективно проводить промывку верхнего бьефа при постоянном снижении коэффициента водозабора – $K_b < 0,55$. Практически, это для Тахиаташского гидроузла означает, что промывной расход должен быть не ниже $Q \geq 250 - 300 \text{ м}^3/\text{с}$.

The article presents the results of long-term field studies of the re-formation of water courses in the zone of the Takhiatash hydroelectric complex. It was noted that due to low water, for a significant part of the year, the Takhiatash dam worked with fully closed gates in all spans. In these years, the role of regulating the level regime of the shield dam is almost lost, and the end regulators of the main channels are regulated.

The data of comparison of actual expenses, turbidity and back-up at the Takhiatash hydroelectric power plant with the calculated ones are presented. It is proved that sharp fluctuations in the water level in front of the dam and water intake into the channels lead to changes in the hydraulic and alluvial regime of the shield dam and channels. As the analysis of the survey of the riverbed cross-sections in the headwaters of the Takhiatash hydroelectric complex showed, in the initial period of operation, the bottom marks in the upper stream are increasing and the bottom marks in the lower stream are decreasing. Further years of operation (after 1982) were characterized by the stability of the flowing riverbed processes, that each characteristic year has its own level and consumption regime. It is noted that in high-water years there were no difficulties with water intakes, and the main difficulties are associated with the passage of flood flows through the shield dam. In recent years, there has been a rapid rise in the water level in the upper reaches, despite all the open dam gates, shipping locks and water intake structures, which are explained by the influence of the drifted streams on the capacity of the shield dam. It is proved that without any damage to the water intake during the growing season, it is possible to effectively flush the upstream with a constant decrease in the water intake coefficient - $K_v < 0.55$. Practically, this means for the Takhiatash hydroelectric unit that the flushing flow rate should not be lower than $Q \geq 250 - 300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Введение. Возведение на реках гидротехнических сооружений вызывает нарушение естественного режима и во многих случаях приводит к существенным переформированиям русла в верхних и нижних бьефах. Русловые процессы, вызываемые, сооружением характеризуются чрезвычайной сложностью взаимодействия русла, потока и сооружения. Проведенные исследования по изучению этих процессов учеными мира, хотя и достигли многого, однако, является еще недостаточными. Для повышения надежности проектирования и оценки прогноза русловых деформации в бьефах плотины важное значение имеет обобщение опыта натурных исследований низконапорных речных гидроузлов в многолетнем разрезе [1,2,3,10]. Следовательно, изучение руслового и наносного режима работы речных гидроузлов представляет практический интерес.

Исходя из вышеизложенного, объектом исследования выбран Тахиаташский гидроузел, возведенный в нижнем течении р.Амударьи. Тахиаташский гидроузел расположен на равнинном участке Амударьи, характеризующимся большим количеством взвешенных наносов и неустойчивым руслом. Основным назначением его является регулирование уровней воды в реке с целью обеспечения гарантированного водозабора в существующие магистральные каналы в верхнем бьефе, реконструкция которых позволит увеличить площадь орошаемых земель в низовьях Амударьи, кроме того, решаются вопросы строительства автодорожного и железнодорожного мостовых переходов. При компоновке гидроузла принят принцип последовательного двух стороннего водозабора на вогнутых берегах реки с расположением плотины на левом берегу из условий сохранения действующих водозаборов в каналы Кызкеткен и Суенли. В состав гидроузла

входят: щитовая плотина, земляная плотина, поводящее и отводящее русла, головные регуляторы магистральных каналов, судоходных шлюзов, правобережный и левобережный отстойники, струенаправляющих дамб, рыбопропускные сооружения (рис.1). Эффективное регулирование гидравлического и наносного режима потока в реке с целью обеспечения гарантированного и качественного водозабора в существующие магистральные каналы в верхнем бьефе всегда сохраняет свою актуальность.

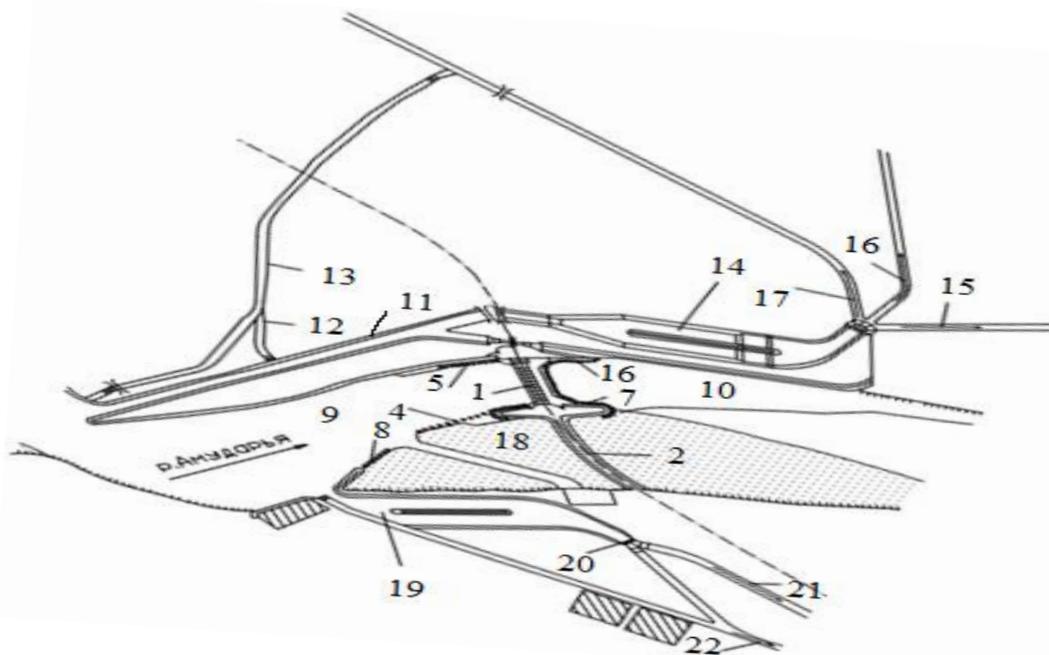


Рис.1. Схематический план Тахиаташского гидроузла: 1-щитовая плотина с рыбопропускными пролетами; 2-земляная плотина; 3-проран; 4-8-струенаправляющие дамбы; 9-подводящее русло; 10-отводящее русло; 11-объединенный канал; 12-водовыпуск для водоснабжения ГРЭС; 13-канал подключения ГРЭС; 14-левобережный отстойник; 15-канал Параллельный; 16-канал Суенли; 17-канал Советяб (не подключен); 18-затон; 19-правобережный отстойник; 20- правобережный вододелитель двойник; 21-канал Рисовый; 22-канал Кызкеткен.

Вопросами решения проблем русловых процессов в руслах рек в районе гидротехнических сооружений занимались и занимаются многие ученые [1, 3, 5, 6, 9, 10 и др.]. Ряд исследований был посвящен изучению динамики русловых процессов реки Амударьи после ввода в эксплуатацию гидротехнических сооружений возведенных в русле реки [3, 11, 14]. Некоторые ученые проводили натурные исследования по изучению русловых процессов при совместной работы Туямуюнского и Тахиаташского гидроузлов [12, 13]. По результатам исследований установлена взаимосвязь между морфологическими элементами русла и гидравлическими параметрами потока [2, 4, 6], интенсивность плановых деформации русла

реки в районе водозабора [1, 3, 8] и интенсивность процессов заиления и занесения подпертых бьефов [2, 5, 6].

Следует отметить, что характер русловых процессов в зависимости от степени зарегулированности русла реки, проблемы водозабора, условия проведения эффективной промывки бьефов гидроузлов, увязки режимов работы последовательно расположенных водохранилищ не изучены на достаточном уровне. Необходимость проведения анализа русловых режимов работы Тахиаташского гидроузла во взаимосвязи с режимом работы Туямуюнского водохранилища определена как основная цель настоящей работы.

Результаты и обсуждения. Результаты натурных исследований русловых процессов в бьефах речных гидроузлов на горных предгорных участках рек подробно изложены в работах В.С.Лапшенкова [2], Х.Ш.Шапиро [4], В.Н.Шолохова [5], И.С.Румянцева [6], К.Ф.Артамонова [9] и др. Характер переформирования бьефов речных гидроузлов на равнинных участках взвешенных рек мало изучен в основном в работах С.Т.Алтунина [1] и А.М.Мухамедова [3]. Наблюдаемые в таких реках русловых процессов в период эксплуатации гидроузлов можно представить на примере режима работы Тахиаташского гидроузла, возведенных в нижнем течении р.Амударьи.

При проектировании гидроузла приняты средний многолетний сток реки в створе щитовой плотины $46,5 \text{ км}^3$, среднегодовые расходы воды – от 900 до $2040 \text{ м}^3/\text{с}$. Наблюденный наибольший расход – $5760 \text{ м}^3/\text{с}$ (июль), наименьший – $186 \text{ м}^3/\text{с}$ (март). Количество взвешенных наносов достигает $5 - 7 \text{ кг}/\text{м}^3$, донные наносы составляют $5 - 8 \%$ от взвешенных. Режим реки соответствует ледниково – снеговому характеру питания. Подъем расходов обычно наблюдается в апреле, основной – ледниковый паводок проходит в июне – августе.

Щитовая плотина рассчитана на пропуск расхода $0,01 \%$ обеспеченности – $11000 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальная разность уровней воды между верхним и нижним бьефами у плотины устанавливается в межени (3 м), в остальное время она колеблется от 0,5 до 2 м. Общая высота плотины над порогом 8 м, общая ширина ее пролетов – 400 м (25 пролетов по 16 м). Пролеты плотины перекрываются сегментными затворами высотой 6 м. Общая протяженность струеносающих дамб – 12,3 км.

Тахиаташский гидроузел введен в эксплуатацию в 1974 г. Анализ материалов натурных исследований проведенные Каракалпакским отделом САНИИРИ в периоды 1974 – 1985 гг. и 1995 – 2000 гг. [10,11], показали следующие особенности работы водозаборного узла сооружений.

Исследования были начаты после спада половодья в 1973 г., когда были проведены специальные съемки бытового русла экспедицией отдела русел

САНИИРИ, положенные в основу при изучении русловых деформации последующие годы. Промеры верхнего бьефа проводили по 46 створах, разбитым в 1972 году, изыскательской экспедицией института Средазгипроводхлопок, охватывающим участок от плотины вверх по течению реки протяженностью 17,5 км. Одновременно проводили промеры нижнего бьефа по 31 створу, разбитым в 1972 г. на участке от плотины до поста Саманбай длиной 14 км. Нанося результаты очередных промеров на соответствующую поперечникам съемку 1973 г., вычисляли площади заиления или размыва в створе за рассматриваемый период, а после их умножения на расстояние между створами (300 – 600 м), определяли объемы деформации между створами и на всем участке исследований.

В начальный период (1974-1981 гг.) эксплуатации гидроузла фактические условия работы узла сильно отличались от проектных в связи с его маловодностью. В этот период годовые объемы стока в верхнем бьефе узла изменялись от 10,0 (1977) до 24,7 км³ (1978 г.). Это значительно меньше годового объема 46,5 км³, принимавшегося в расчетах 1966 г. и объема расчетов последующих лет.

Из-за сильного маловодья значительную часть года Тахиаташская плотина работала с полностью закрытыми затворами во всех пролетах. В этот период на узле осуществлялся 100 % забор речных расходов в каналы Кызкеткен, Суенли и Параллельный. Отметки наивысших средних суточных уровней воды перед плотиной были на 50-70 см выше, чем принято в проектном задании 1962 г., хотя водозабор на оба берега не превышал 550-580 м³/с. Высокие отметки уровней воды перед плотиной объясняются недостаточной пропускной способностью головных отстойников. Другая причина их повышения стремление службы эксплуатации создать в верхнем бьефе небольшую (40-50 млн.м³) регулируемый емкость, чтобы ослабить неравномерность подачи воды в каналы весной, кратковременные паводковые пики, дающие возможность аккумулировать воду в верхнем бьефе, сменяются спадом расходов до значений, не обеспечивающих плановую водоподачу. В последние годы из-за значительного заиления верхнего бьефа эта емкость уменьшилась. Наблюдавшиеся недостаточная водность реки и значительные подъемы уровня перед плотиной существенно изменили условия работы узла по сравнению с принимавшимися при составлении прогнозных русловых расчетов 1962 и 1966 гг. (табл.1).

Как показывают данные в табл.1, диапазон изменения жидкого стока по периодам очень широкий. В начальном периоде (1974-1981 гг.) эксплуатации режим стока почти повторяет бытовой режим, то есть наибольшие стоки проходят в период с апреля по сентябрь, наименьшие в период межени, но с

меньшим значениям стока в среднем в 3 и 8 раза соответственно (среднегодовой сток за 7 лет 40300 тыс.м³). В период совместной эксплуатации гидроузлов ход изменения стока по годам по сравнению с предыдущими периодами не меняется. Средняя величина годового стока за 8 лет представляет собой около 19 % годового стока бытового периода.

Таблица-1
Сравнение фактических расходов (м³/с), мутности (кг/м³) и подпоров (м) на Тахиаташском гидроузле за 1974-1981 гг. и в период совместной работы гидроузлов (1982-1990 гг.) с принимавшимися в расчетах 1962 и 1966 гг.

Показатели	Принято в расчетах	По фактическим данным											
		В начальный период эксплуатации							В период совместной эксплуатации гидроузлов				
		1962	1966	1974	1975	1976	1977	1979	1981	1982	1983	1984	1986
Средний расход половодья													
В верхнем бьефе	2707	2210	562	1122	1190	725	1091	970	452	651	864	460	822
В нижнем бьефе	2116	1635	242	735	793	649	570	437	19	91	325	12	93
Средний расход межени													
В верхнем бьефе	784	608	152	118	400	380	254	296	120	160	265	94	216
В нижнем бьефе	571	487	96	98	157	-	147	111	-	54	204	-	177
Средняя мутность в верхнем бьефе													
В половодье	3,53	2,51	1,56	2,46	2,42	2,35	1,55	1,03	0,61	0,54	0,85	1,16	0,93
В межень	2,58	1,57	0,73	0,45	1,52	1,01	0,58	0,44	0,16	0,22	0,27	0,33	0,42
Средний подпор в половодье													
По кривой $Q = f(H)$ 1962	0,51	-	1,91	1,81	1,97	1,90	1,88	1,93	1,79	1,87	1,90	1,83	1,91
По кривой 1966	-	2,28	2,16	2,20	2,42	2,35	2,38	2,41	2,11	2,21	2,07	1,96	2,03
Подпор в межень													
По кривой 1962	1,38	-	1,53	1,76	1,02	1,97	1,81	1,63	1,49	1,66	1,83	1,70	1,81
По кривой 1966	-	1,05	1,70	2,08	1,52	2,47	2,05	1,81	1,59	1,83	2,01	1,66	2,03

Опыт эксплуатации Тахиаташского гидроузла показал, что резкие колебания уровня воды перед плотиной и водозабора в каналы приводят к изменению гидравлического и наносного режима работы каналов. Подпорные уровни перед плотиной изменяются, по времени в больших диапазонах и амплитуда колебания уровня доходит до 3 м. Это нарушает нормальную работу каналов и приводит к снижению показателей технического состояния, особенно КПД каналов [14].

В начальные периоды, когда плотина работала при максимальном подпоре, тогда водозабор осуществляли с большой форсировкой расходов осветленной воды по каналам, произошел общий размыв русл каналов, нарушение кольматационного слоя ложа канала что привело к усилению

фильтрационного потока, подъему уровня грунтовых вод и заболачиванию земель, прилегающих к трассе магистральных каналов. Однако в последующие годы эксплуатации с подходом мутной воды к гидроузлу и попаданием ее в каналы восстанавливался кольматационный слой наилка на ложе каналов, резко уменьшались фильтрационные потери воды и размеры заболоченных территории.

В связи с хроническим маловодьем в низовьях Амударьи, связанным с интенсивным и все возрастающим водоотбором в верхнем и среднем течении реки, Тахиаташский гидроузел практически постоянно работает в подпорном режиме. Поэтому на всем участке кривой подпора скорости течения падают, происходит интенсивное отложение наносов и подъем дна реки, которые свидетельствует данные съемок поперечников в верхнем бьефе Тахиаташского гидроузла [10,11].

Таблица 2

Интенсивность заиления верхнего бьефа в период эксплуатации Тахиаташского гидроузла

Характеристика	Средняя дата промера									
	27.07.73	10.07.74	20.10.75	15.10.76	7.11.77	15.08.82	20.09.83	28.08.96	30.08.97	5.09.98
Суммарные объемы отложений в млн.м ³	0	9,34	13,24	14,60	17,68	21,60	21,67	20,26	23,57	16,04
Разница	0	9,34	3,90	1,36	3,28	3,72	0,07	-1,41	3,71	-7,33
Относительный объем отложений η_v^*		9,34	0,53	0,66	0,81	0,98	0,985	0,92	1,07	0,745

*) относительный объем заиления - $\eta_v = V/V_{п}$; где V – объем заиления подпорного бьефа; $V_{п}$ – предельно заиляемый объем - $V_{п} = W - V_p = 50 \text{ млн.м}^3 - 28 \text{ млн.м}^3 = 22 \text{ млн.м}^3$; W – объем всего подпорного бьефа при НПУ; V_p – объем русла, вычисляемый по формуле $V_p = HBL$.

Объемы заиления наносов на изучаемом участке реки длиной 17,5 км, определенные нами сопоставлением поперечников полученного со съемкой 1973 г. с съемкой каждого последующего года приведены в табл.2.

Из данных табл.2 видно, что объем заиления за период с 1973 г. по август 1982 г. равнялась 21,60 млн.м³ (почти равен предельному заилению русла $\eta_v = 0,98$), а средняя отметка дна поднялась на 1,5 – 2,0 м. Примерно за этот же период объем отложений в подводящем русле длиной 3,25 км составил 2,86 млн.м³ (1977 г.) и 4,48 млн.м³ (1982 г.). Из этого следует, что формирование подводящего русла, по – видимому, завершилось в 1982 г. Приведенные в табл. 1 данные также показывают, что интенсивность заиления из года в год убывает. Самое интенсивное заиление верхнего бьефа происходило в первый

год эксплуатации гидроузла ($V_3 = 9,34$ млн.м³). По данным исследований 1983 года в верхнем бьефе на участке до 46-го створа отложение наносов прекратились и происходит незначительные размывы русла. Поэтому можно считать, что заиление верхнего бьефа завершилось к концу 1983 г. и продолжается процесс занесение русла реки вверх по течению. Некоторые поперечные профили русла реки в верхнем бьефе гидроузла приведены на рис.2, которые показывают процессы заиления на характерных участках.

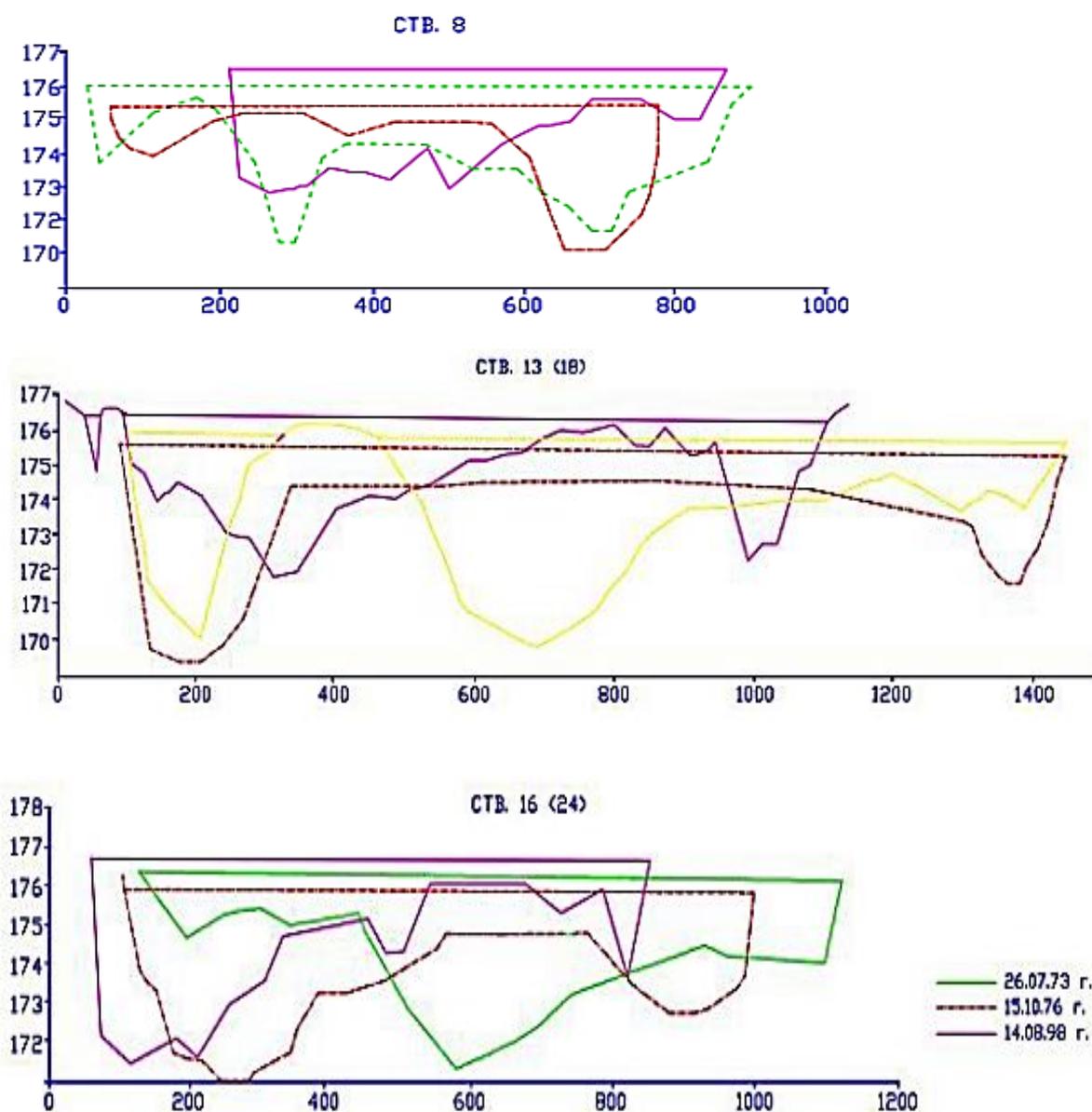


Рис.2. Совмещенные поперечные профили русла по створам 8, 13, 16 в районе верхнего бьефа Тахиаташского гидроузла.

Построенные по данным промеров 1973, 1976, 1982, 1984, 1997 и 1998 гг., график зависимости $V = f(L)$ показывают, что область занесения

распространяется вверх по течению на длину в 2-3 раза большую исследуемого участка промеров – 17,5 км (рис.3).

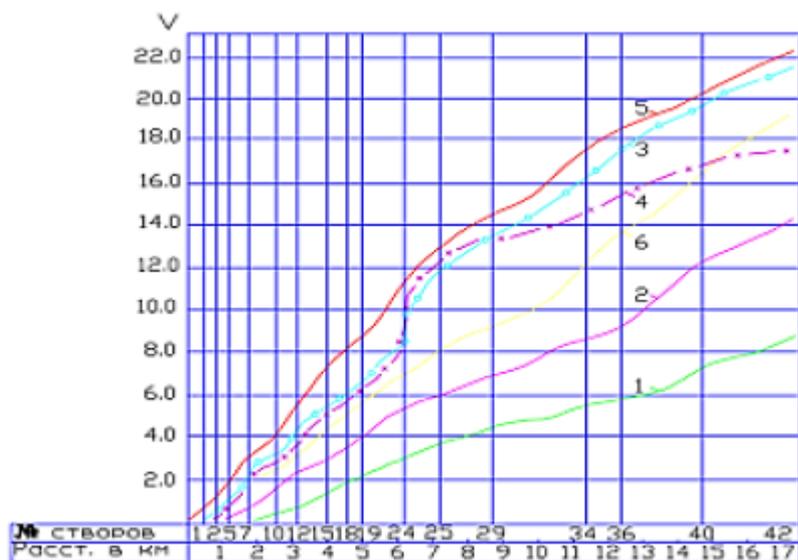


Рис.3. Интегральные кривые распределения объемов деформации русла реки по длине исследуемого участка: даты съемок промеров русла: 1-10.08.1973 г.; 2-10.08.1976 г.; 3-15.08.1982 г.; 4-20.08.1984 г.; 5-30.08.1997 г.; 6-5.09.1998 г.

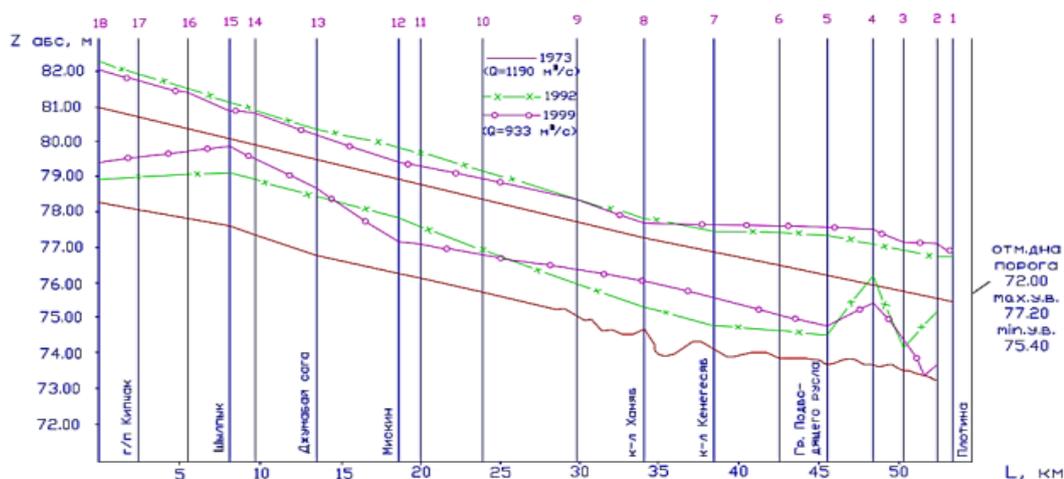


Рис.4. Изменение уклона водной поверхности и средний отметка дна р.Амударьи на участке между створами г/п Кипчак и плотина Тахиаташского гидроузла: I, II, III, IV, V, VI – номера выделенные характерные русловые участки. 1-1992 г., 2-1999 г.

На рис.4 представлен профиль русла р.Амударьи в верхнем бьефе Тахиаташского гидроузла между створами Кипчак – Тахиаташская плотина. На рисунке видно, что профиль дна по длине реки имеет ступенчатый характер. Наиболее характерным является участок между створами Кипчак – Жумабайсака, где наблюдается интенсивное заиление русла, обусловленное его расширением. Далее на участке Жумабайсака – Мискината

интенсивность заиления снижается. Это связано с тем, что река в створе Мискината имеет не размываемое и суженное русло. Ниже этого створа с приближением к Тахиаташскому гидроузлу в верхнем бьефе наблюдается постепенный подъем дна русла.

Построенные по данным исследований некоторые поперечные профили на характерных участках русла реки Амударьи в нижнем бьефе гидроузла показано на рис.5. Из рисунка видно, что переформирование русла реки происходит в основном за счет интенсивности береговых деформации, которые зависят от водности года.

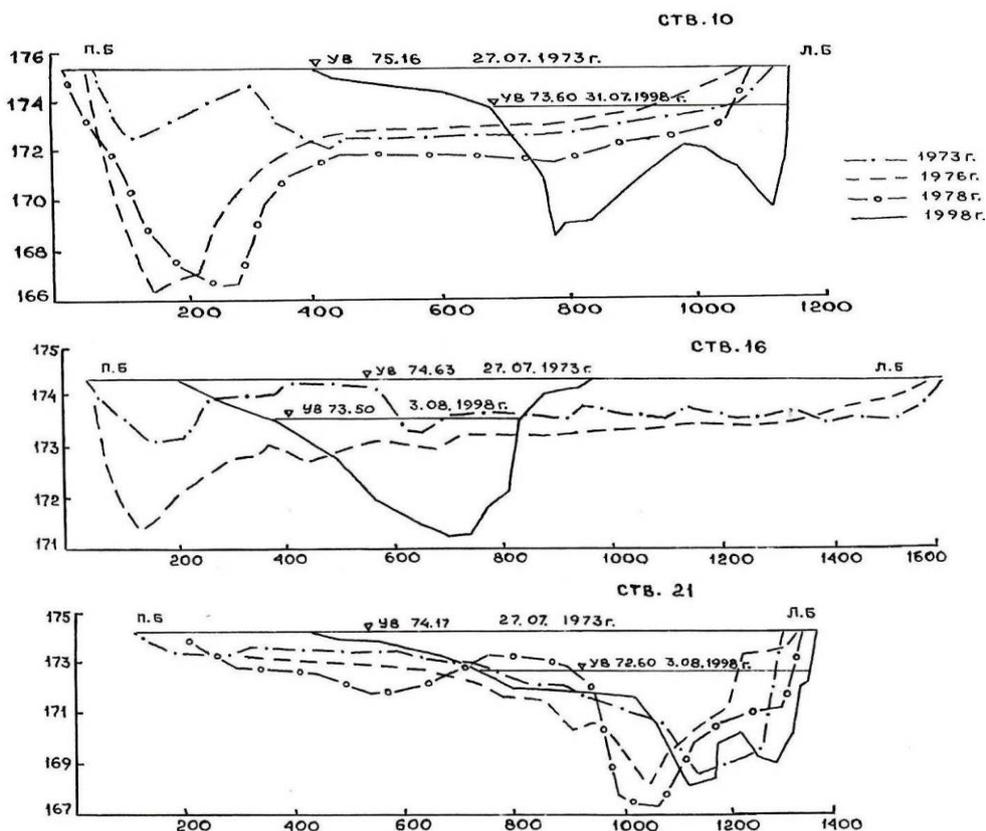


Рис.5. Совмещенные поперечные профили русла по створам 10, 16, 21 в районе нижнего бьефа Тахиаташского гидроузла.

В начальные периоды эксплуатации Тахиаташского гидроузла местный размыв нижнего бьефа отмечался достаточно высокой интенсивностью протекающих процессов. Понижение дна в эти годы составило в среднем – 1,10 м [12].

Дальнейшие годы эксплуатации гидроузла (после 1982 г.) характеризовались стабильностью протекающих русловых процессов в нижнем бьефе. Отметка дна колеблется в сторону понижения или повышения на 0,5 м в зависимости от водности года. В этот период изменения значений отметки дна по средней глубине приобретают более стабильный характер, диапазон колебаний уровня становится все меньше и зависит от

гидрологического режима реки. Русло реки стало более устойчивым к воздействию потока.

Из вышеприведенного анализа, процесс формирования русла в зонах действия плотины определяются: величиной жидкого и твердого стока, стадиями переформирования бьефов и типами русловых процессов, вызываемые регулированием стока.

После ввода в действия речных гидроузлов на реке, как правило, наблюдаются три стадии формирования бьефов, которые схематически можно представить в следующем виде (рис.6):

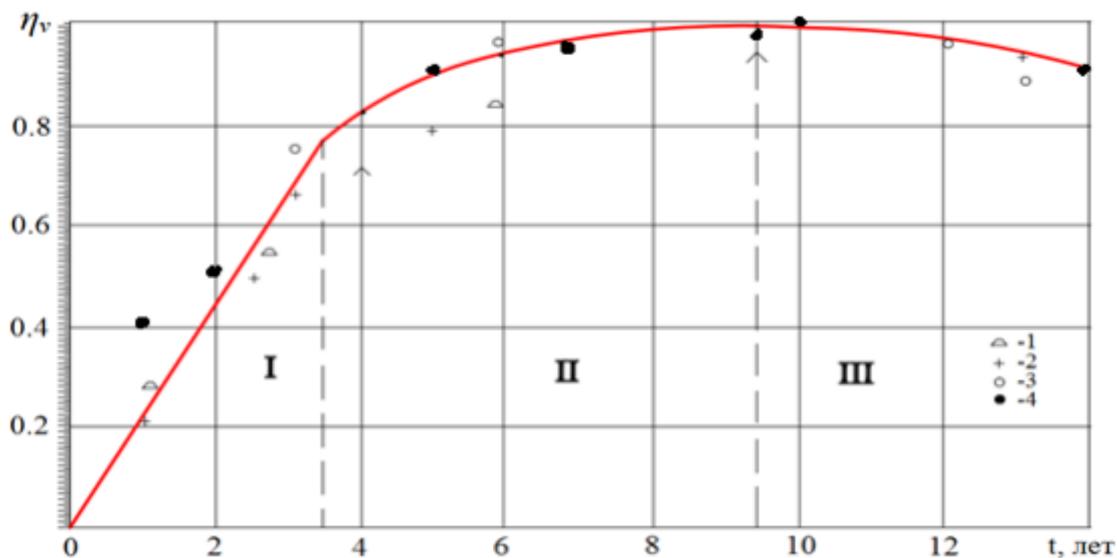


Рис.6. Зависимость относительного объема заиления подпертого бьефа от времени эксплуатации: I, II, III – этапы формирования бьефов плотины соответственно процес-сами заиления, заиления + занесения и занесения; 1- Кампырватская плотина на р.Кара-дарье; 2-Майкопская плотина р.Белой; 3-Аустинское водохранилище; 4-Тахиаташская плотина на р.Амударье.

I – стадия. В верхнем бьефе задерживается основная часть твердого стока; при этом происходит заиление подпорного бьефа взвешенными наносами и занесение влекомыми. Этот период характеризуются повышением отметок дна, уменьшением глубине, а также интенсивным размывом русла и снижением отметок уровней воды в нижнем бьефе, за счет местного и общего размыва.

II – стадия. В верхнем бьефе сформировавшиеся призмы отложений наносов достигает фронта основных сооружений и распространяется вверх по течению изменяя положения кривой подпора. В нижнем бьефе поступление влекомых наносов возрастает и превышает соответствующую по транспортирующей способности долю сбросного расхода. В отводящем русле плотины наблюдаются восстановление осредненных бытовых отметок дна.

III – стадия. В верхнем бьефе отложение влекомых наносов постепенно затухает, происходит почти полный транзит наносов, по характеру близкий к бытовым условиям. Наблюдается удлинение кривой подпора за счет занесением русла крупными фракциями; повышаются отметки уровня воды и отложения наносов до момента полного занесения верхнего бьефа; формируются устойчивые русловые формы. Происходит частичное или полное занесение отводящего русла с формированием конуса отложений.

Длина распространения отложений в подпертых бьефах по данным исследований [5,12] достигает в конце I-стадий $1,8 \div 2,0$ длин; в конце II-стадий $5,5$ длин; в конце III-стадий $8 \div 10$ длин первоначального подпора, определяемого по зависимости

$$L = \Delta H / i_b \quad (1)$$

где ΔH – подпор у плотины над бытовым уровнем воды; i_b – бытовой уклон свободной поверхности.

Длительность указанных стадии формирования определяется стоком наносов и долей их задержания в подпертом бьефе. В первой стадии задерживаются все донные наносы; доля задерживания наносов в остальные периоды изменяется от $0,94$ до $0,1$ и зависит от доля водозабора и характеристик участка реки, на котором создан подпертый бьеф.

На ход переформирования бьефов влияют также промывки бьефов от отложения наносов, чередование лет различной водности и характер управления гидротехническим комплексом речного гидроузла.

Изучение многолетнего опыта эксплуатации Тахиаташского гидроузла также показало, что режим работы основных сооружений и условий водозаборов в каналы [13,14] в основном зависит от степени зарегулированной и водности р. Амударья, которые характеризуются коэффициентом водозабора, представляющим отношении суммарного водозабора к расходу реки в створе щитовой плотины:

$$K_g = \Sigma Q_g / Q_p \quad (2)$$

где ΣQ_g - суммарный водозабор;

Q_p - расход реки в створе плотины

$$Q_p = Q_g + Q_{сб.} + Q_{ГРЭС} \quad (3)$$

Степень зарегулированности стока определяется по следующей формуле:

$$\eta = 1 - Q_{ср.зарег.} / Q_{ГРЭС} \quad (4)$$

Степень зарегулированности η составляет $0,70-0,75$ для периода 1974-1981 гг. и $\eta = 0,80-0,85$ для периода 1982-2015 гг.

Анализ данных эксплуатации Тахиаташского гидроузла и УГМС показывают, что характер протекания русловых процессов в бьефах гидроузла в основном зависит от водности рек и определяется гидрологическим режимом следующих характерных лет: многоводный (1978, 1988, 1992, 1994, 1998, 2005, 2010, 2015 гг.); маловодный (1974, 1977, 1986, 1990, 1995, 1997, 2000, 2002, 2018 гг.); средневодный (1976, 1979, 1983, 1991, 1993, 1996, 1999, 2003, 2007, 2016 гг.).

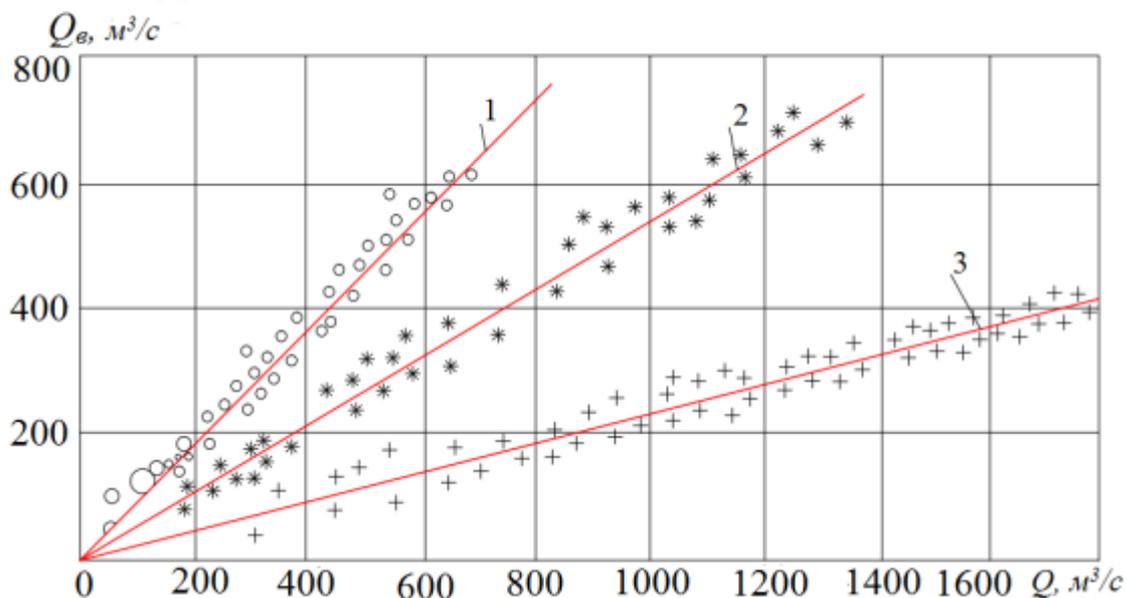


Рис.7. Изменение расхода водозабора в зависимости от водности рек:
 1-маловодные (1980,1990, 1997, 2000, 2018 гг.); 2-средневодные годы (1976, 1991, 1996, 2003, 2016 гг.); 3-многоводные годы (1978, 1988, 1992, 1998, 2005, 2010, 2015 гг.).

На рис.7 нами построены графики изменения значений коэффициентов водозабора во внутригодовом разрезе за эти характерные годы, которые выделяются три самостоятельные прямые линии под угловыми коэффициентами, характеризующие водности года. Так, среднее значение коэффициента водозабора равняется: $K_v = 0,90$ – для маловодных; $K_v = 0,55$ – для средневодных лет; $K_v = 0,25$ – для многоводных лет.

Анализ этих графиков показывают, что каждому характерному году свойственен свой уровеньный и расходный режим. Особенно необходимо отметить режим эксплуатации за маловодные годы, которые характеризуется тем, что в периоды хронического маловодье затворы щитовой плотины почти полностью закрывается и ее роль в регулировании уровеньного режима почти теряется. В этом случае уровеньные и расходные режимы регулируются в основном концевыми регуляторами в правобережному и левобережному системы магистральных каналов, которые в свою очередь, зависит от запросов лимитированных водопотребителей.

В многоводные годы с водозаборами проблем нет, а главные трудности связаны с пропуском паводковых расходов через щитовую плотину. В последние годы наблюдавшиеся быстрый подъем уровня воды в верхнем бьефе, несмотря на всех открытых затворов плотины, судоходного шлюза и водозаборных сооружений, которые объясняются влиянием занесенных бьефов на пропускную способность щитовой плотины.

В условиях зарегулированного стока реки приемлемым условием работы низконапорного гидроузла является средний по водности годы с коэффициентом водозабора $K_g = 0,55$ за исключением основного недостатка внутри годового стока (расхода) воды.

Приняв критическим параметром коэффициента водозабора K_g можно характеризовать роль управления гидротехническим комплексом Тахиаташского гидроузла следующим образом:

- полученным средним значением коэффициента водозабора равного $K_g=0,55$ вполне можно оценивать критическое состояние управления гидроузлом, при этом роль регулирования уровенным режимом у водозаборных сооружений и щитовой плотины равномерны;

- при увеличении коэффициента водозабора от этого предела $K_g > 0,55$ – роль регулирования водораспределительных узлов сооружений заметно возрастает, а роль управления щитовой плотины снижается;

- при уменьшении $K_g < 0,55$ – наоборот регулирующая роль уровенным режимом переходит к щитовой плотине.

Практическое число коэффициента водозабора $K_g = 0,55$ позволяет планировать осуществлять не только проектирование, но и внедрение средств автоматизированного управления, и других эксплуатационных мероприятия, среди которых особое место занимает проведение промывов подводящего русла гидроузла. Это позволяет сделать вывод о том, что без всякого ущерба водозабору в вегетационный период можно эффективно проводить промывку верхнего бьефа при постоянном снижении коэффициента водозабора ниже критического значения $K_g < 0,55$. Практически, это для Тахиаташского гидроузла означает, что промывной расход должен быть не ниже $Q \geq 250 - 300 \text{ м}^3 / \text{с}$.

Для нормального функционирования Тахиаташского гидроузла с учетом требований всех водопотребителей и санитарных пропусков в нижний бьеф необходимо четко увязать к режимам работы Тюямуюнского водохранилища. После строительства гидроузла были сняты тысячи плавучих насосов, подающих воду в каналы весенний период при низком уровне в реке и обеспечен, гарантированный водозабор по всем

ирригационным системам; сильно уменьшился объем очистных работ, интенсивно развиваются орошаемые площади и осуществлены переходы через Амударью.

Заключение.

1. Исследованиями установлено, что недостаточная водность реки и значительные подъемы уровни воды перед плотиной (в среднем 1,5-2,0 м) существенно изменили условия работы узла по сравнению с принимавшимися при составлении прогнозных русловых расчетов.

2. Анализ динамики коэффициента водозабора показали, что характер протекания русловых процессов в бьефах узла в основном зависит от водности рек и определяется гидрологическим режимом следующих характерных лет: многоводный ($K_e = 0,25$); средневодный ($K_e = 0,55$); маловодный ($K_e = 0,90$).

3. Опыт эксплуатации Тахиаташского гидроузла показал, что резкие колебания уровня воды перед плотиной и водозабора в каналы приводят к изменению гидравлического и наносного режима работы щитовой плотины и магистральных каналов. Подпорные уровни перед плотиной изменяются по времени в большем диапазоне и амплитуда колебаний уровня достигает до 3 м. Особенно следует отметить, что в периоды хронического маловодья затворы итовой плотины почти полностью закрываются и ее роль в регулировании уровня режима почти теряется.

4. По результатам исследований выявлены основные закономерности и принципы формирования руса в трех стадиях русловых процессов в бьефах низконапорного гидроузла, функционирующие в нижнем течении равнинной р.Амударьи.

5. В начальные периоды эксплуатации Тахиаташского гидроузла общий размыв нижнего бьефа отмечался достаточно высокой интенсивностью протекающих процессов. Понижение дна в эти годы составило в среднем – 1,10 м. Дальнейшие годы характеризовались стабильностью протекающих русловых процессов в нижнем бьефе. Отметка дна колеблется в сторону понижения или повышения на 0,5 м в зависимости от водности года.

6. Условия работы Тахиаташского гидроузла характеризуется значительной маловодностью последних лет. При этом вегетационный период сбросы воды в нижний бьеф узла почти полностью прекращается и русла реки станет сухим. Как показали наблюдения в эти годы под влиянием эрозийной деятельностью ветрового потока, на высохшей части русла появились скопления больших песчаных дюн, похожих по характеру

движения ветра над барханным песком, в результате которого местами выявились исчезновения контуры основного русла реки по длине нижнего бьефа. Поэтому в маловодные годы для улучшения процесса деградации требуется на правительственном уровне решить проблемы регулирования водных ресурсов бассейна р.Амударьи, чтобы обеспечить непрерывное поступления в нижний бьеф Тахиаташской плотины минимум 100-150 м³/с расходов воды. Это также некоторые степени улучшают положении опустывания дельты р.Амударьи в зоне Аральского моря.

7. В маловодные годы работы гидроузла осложняется занесением подпертых бьефов и трудностью его ежегодного промыва в связи отсутствием необходимых промывных расходов. В этих условиях, наиболее рациональной схемой эксплуатаций гидроузла является режим периодического промыва, при этом обеспечив непрерывного сброса воды через водосбросную плотину по переменно через ограниченное количество пролетов, сравнительно небольшими расходами с резким снижением уровня воды, можно эффективно осуществить промывку верхнего бьефа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин С.Т. Заиление водохранилищ и размыв русла в нижнем бьефе плотин: В кн.: Русловые процессы .-М.:Изд.АН.1958.-С.249-286.
2. Лапшенков В.С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов.-Л.: Гидрометеиздат, 1979.-240 с.
3. Мухамедов А.М. Эксплуатация низконапорных гидроузлов на реках, транспортирующих наносы.-Ташкент: Изд-во Фан, 1976.-238 с.
4. Шапиро Х.Ш. Регулирование твердого стока при водозаборе из р.Амударьи// Гидротехника и мелиорация. М.: 1975, №7.-С. 113-117.
5. Шолохов В.Н. К вопросу о формировании русел в бьефах низконапорных плотин на горно-предгорных участках рек// Труды САНИИРИ. Вып. 84. Ташкент, 1957. - 36 с.
6. Румянцев Н.С., Кромер Р.К. Режим занесения верхних бьефов ирригационных низконапорных гидроузлов// Доклады ВАСХНИЛ. М.: 1980, №8.-С. 38-40.
7. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. Изд. 2-е-Л.: Гидрометеиздат, 1975.-288 с.
8. Кромер Р.К. Прогнозирование руслового процесса в верхнем бьефе при работе водозабора в режиме «Занесение-промыв»// Метеорология и гидрология. М.:1988, №3.-С. 90-98.
9. Артамонов К.Ф. Опыт эксплуатации водозаборов на горных реках// Гидротехника и мелиорация. 1975, №7.-С. 118-121.

10. Исследования русловых процессов в бьефах Тахиаташского гидроузла. НИР САНИИРИ. Ташкент. 1984-М. ВИНТИ. Г.Р. №81102176. 1985-152 с.

11. Байманов К.И. Натурные исследования переформирования бьефов Тахиаташского гидроузла// Гидротехническое строительство. 2001, №12-С.42-48.

12. Байманов К.И., Калбаев Р.З., Байманов Р.К. К вопросу о расчете занесения подпертых бьефов низконапорных плотин// Проблемы механики. Ташкент. Фан, 2011, №3, -с.28-31.

13. Байманов Р.К. О формирований русел в бьефах низконапорных плотин на равнинных участках рек// Проблемы механики. Ташкент. Фан, 2016, №1, -с.28-31.

14. Байманов К.И. Русловая деформация каналов при плотинном водозаборе из р.Амударья// Мелиорация и водное хозяйство. М., 2001. №6.-с. 38-40.

REFERENCES

1. Altunin S.T. Siltation of reservoirs and erosion of the riverbed in the lower reaches of dams: In the book: Riverbed processes.-M.: Publishing House of AN.1958.-pp.249-286.
2. Lapshenkov V.S. Forecasting of channel deformations in the streams of river waterworks.-L.: Hydrometeoizdat, 1979.-240 p.
3. Mukhamedov A.M. Operation of low-pressure hydroelectric power plants on rivers transporting sediments.-Tashkent: Fan Publishing House, 1976.-238 p.
4. Shapiro H.S. Regulation of solid runoff at water intake from the Amu Darya river// Hydraulic engineering and melioration. M.: 1975, No. 7.-pp. 113-117.
5. Sholokhov V.N. On the question of the formation of channels in the streams of low-pressure dams on mountain-foothill sections of rivers// Trudy SANIIRI. Issue 84. Tashkent, 1957. - 36 p.
6. Rumyantsev N.S., Kromer R.K. The mode of entering the upper reaches of irrigation low-pressure waterworks// Reports of VASHNIL. M.: 1980, No. 8.-pp. 38-40.
7. Karasev I.F. Channel processes during the transfer of runoff. Ed. 2nd-L.: Hydrometeoizdat, 1975.-288 p.
8. Kromer R.K. Forecasting of the riverbed process in the upstream during the operation of the water intake in the "Entry-flushing" mode// Meteorology and Hydrology. Moscow:1988, No. 3.-pp. 90-98.
9. Artamonov K.F. Experience of operation of water intakes on mountain rivers// Hydraulic engineering and melioration. 1975, No. 7.-pp. 118-121.

10. Studies of channel processes in the streams of the Takhiatash hydroelectric complex. NIR SANIIRI. Tashkent. 1984-M. VINITI. G.R. No. 81102176. 1985-152 p.
11. Baymanov K.I. Field studies of the reshaping of the Takhiatashsky hydroelectric power plant// Hydraulic engineering construction. 2001, No. 12-pp.42-48.
12. Baymanov K.I., Kalbaev R.Z., Baymanov R.K. On the issue of calculating the introduction of low-pressure dams backed by the water courses// Problems of Mechanics. Tashkent. Fan, 2011, No. 3,-pp.28-31.
13. Baymanov R.K. On the formation of channels in the streams of low-pressure dams on flat river sections// Problems of Mechanics. Tashkent. Fan, 2016, No. 1,-pp.28-31.
14. Baymanov K.I. Channel deformation of channels at dam water intake from the Amu Darya river// Melioration and water management. Moscow, 2001. No. 6.-pp. 38-40.

Байманов Кенесбай Ибраимович доктор технических наук, профессор кафедры «Городское строительство», e-mail: kenesbay_ibraimovich@list.ru (Каракалпакский государственный университет имени Бердаха); Байманов Руслан Кенесбаевич доктор философии по техническим наукам (PhD), зав.кафедрой «Строительство инженерных коммуникаций», e-mail: ruslan_kenesbaevich@list.ru (Каракалпакский государственный университет имени Бердаха).