

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТЛОЖЕНИЯ НАНОСОВ В ВОДОХРАНИЛИЩАХ УЧКУРГАНСКОЙ, ТОКТОГУЛЬСКОЙ И КАМБАРАТИНСКИХ ГЭС

*Муканов Т.А.*

доцент кафедры «Промышленно-гражданское строительство и гидротехнического строительства»,  
Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Кыргызстан, г. Бишкек

Совершенствование технологической эксплуатации сооружений, водохранилищ и рассмотрение методики определения и прогнозирования объема заиления водохранилищ Кыргызстана, в частности Учкурганская, Токтогульская и Камбаратинских ГЭС.

Статья посвящена одной из самых актуальных и до настоящего времени освещенных в недостаточной мере вопросов – точному определению и особенно, прогнозированию потерь ёмкости русловых водохранилищ и вопросу размещения наносов в ирригационных и энергетических водохранилищах.

*Ключевые слова:* гидроузлы, эксплуатация водохранилищ, наносы, гранулометрический состав, твердый сток, обеспеченность, расход наносов.

Освоение водных ресурсов Нарына началось в конце 50-х годов, когда была создана строительная организация «Нарынгидроэнергострой» для сооружения Учкурганского гидроузла, а в дальнейшем и последующих гидроузлов в бассейне Нарына. Непосредственно на Нарыне построено пять ГЭС, в таблице 1 даны характеристики гидроузлов Нижненарынского каскада ГЭС с водохранилищами.

Таблица 1

Название ГЭС	Год ввода первого агрегата	Расчет. напор Н, м	Устан. мощность МВт	Водохранилище			
				Площадь зеркала, км <sup>2</sup>	Полный объем, млн. м <sup>3</sup>	Полезный объем, м <sup>3</sup>	Протяженность км
Учкурганская	1961	29	180	4,0	53,4	20,9	17
Токтогульская	1975	140	1200	284,3	19500	14000	80
Курпсайская	1981	91,5	800	12,0	370	35	40
Ташкумырская	1985	53	450	7,8	140	16	20
Шамалдысайская	1990	26	240	2,4	40	5,7	12
Камбар-Атинская 2	2010	47,5	120 (1)	12,5	70	5,5	4,5

Хронологический ход ввода в эксплуатацию водохранилищ соответствует и ходу их заиления.

Каскады Камбаратинских и Токтогульских ГЭС на реке Нарын в Кыргызской Республике (рис. 1).



Рис. 1. Схематический рисунок расположения объектов

Рассмотрение процессов заиления начнем с Учкурганского водохранилища.

Сооружение плотины Учкурганской ГЭС в узком каньоне образовало водохранилище длиной около 17 км и с площадью зеркала 4км<sup>2</sup>, объемом 52,5млн. м<sup>3</sup>, с полезной емкостью 20,9 млн. м<sup>3</sup> предназначенное для суточного регулирования стока и создания запаса воды для орошения.

За период с 1962 по 1973 гг., до перекрытия р. Нарын в створе Токтогульской ГЭС, в Учкурганское водохранилище поступал бытовой сток наносов реки. Проведению специальных мероприятий по рациональному режиму эксплуатации водохранилища препятствовал забор воды в каналы (Большой Ферганский, Уч-Курганский, Северо-Ферганский и имени Ахун-Бабаева), расположенные ниже Учкурганской ГЭС, вследствие чего оно существенно заилено.

Наблюдения за изменениями емкости водохранилища велись и в последующие годы [1]. В состав работ входили промеры русла р.Нарын на участке водохранилища и подсчет объемов водохранилища.

По годам изменение емкости Учкурганского водохранилища имеет следующую динамику: в 1957 г. – 54 млн.м<sup>3</sup>, в 1963 г. – 42 млн.м<sup>3</sup> в 1968 г. – 24 млн.м<sup>3</sup>, с 1978 г. и по настоящее время – 15,5 млн.м<sup>3</sup>. Таким образом, полная емкость Учкурганского водохранилища равна 15,5млн. м<sup>3</sup>, что почти в 3,5 раза меньше его проектной емкости, а полезная – 11,0 млн.м<sup>3</sup>. [2].

Сопоставление продольных профилей, выполненных по съемкам 1957...1989 г. показывает, что наибольшая толща отложения наносов до 25 м по глубине отмечаются на расстоянии 1880...2735м от створа плотины.

По результатам анализа гранулометрического состава, толща этих отложений на этом участке сформирована наносами с процентным содержанием пылевых фракций диаметром менее 0,05 мм до 62,5%. В верхней части водохранилища толщина наносов уменьшается и сформирована преимущественно наносами  $d = 0,004...0,04$  мм, перемежающимися фракциями со средним диаметром 0,1 мм с включением камней  $d = 0,3$ м.

Водохранилище на данный момент почти полностью заполнено наносами и это обстоятельство оказывает отрицательное влияние на режим работы водохранилища и безопасность плотины в отношении паводковых явлений, в частности, по результатам обследования, выполненного нами в 2000 г., было выявлено, что из 8 донных водосбросов плотины 3 оголовка водосброса заилены. Задача очистки водохранилища Уч-Курганской ГЭС на р. Нарын является актуальной для его эксплуатации.

Объем выноса твердой фазы малых водотоков на участке Учкурганского водохранилища незначительный и существенно не может влиять на его заиливание. Кроме того, при правильной эксплуатации возможна самоочистка водохранилища. Поэтому, на наш взгляд, единожды проведенная очистка обеспечит нормальную эксплуатацию водохранилища на многие десятки лет.

Заиливание вышележащих водохранилищ Шамалдысайской, Ташкумырской и Курпсайской ГЭС нами не рассматривается, т.к. сток наносов р. Нарын к началу их строительства уже полностью задерживается Токтогульским водохранилищем.

Рассмотрим заиливание Токтогульского водохранилища расположенного первым в Нижнеларынском каскаде ГЭС с полным объемом 19,5 млрд.м<sup>3</sup>. Анализ расходов и стока взвешенных наносов в Токтогульское водохранилище производился на основании наблюдений, проводимых с 1964 г. на гидроступу Уч-Терек, расположенном выше водохранилища.

Согласно данным Гидрометцентра Кыргызстана был составлен ряд значений средних месячных расходов наносов на реке Нарын, в районе станции Уч-Терек. К сожалению, некоторые данные отсутствовали (помечены скобками), что объясняется недостатком материальной базы Гидрометцентра Кыргызстана и неблагоприятными погодными условиями (наличие ледяного покрова и др.) во время проведения замеров, не позволяющими проведение данного вида работ. Недостающие данные были получены нами интерполяцией имеющихся данных.

В результате получился ряд размером 27 лет, с 1964 по 1992 г., за исключением 1976 и 1988 г., который представлен в таблице 2. Вычисление среднегодового расхода взвешенных наносов  $R_0$  и коэффициента вариации  $C_{vT}$  произведены по известным формулам.

Таблица 2

**Среднемесячные расходы наносов на р. Нарын, в районе станции Уч-Терек, кг/с**

Год	Месяцы												Ср. годовые
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1964	(10)	(10)	(70)	(60)	40	2700	440	68	13	1,4	(2)	(2)	(285)
1965	(10)	(10)	24	90	90	120	1100	580	98	37	48	(18)	(185)
1966	52	(25)	(40)	(750)	1500	7000	1900	1700	250	50	29	32	(1111)
1967	(15)	20	53	970	(2500)	2000	1200	460	85	30	9,5	17	(613)
1968	(7,2)	18	74	470	970	2500	1500	980	120	14	22	9,4	(557)
1969	18	27	510	1500	5200	5200	4400	1200	530	89	30	18	1600
1970	6,9	31	35	370	1300	1300	1900	700	210	23	15	7,4	490
1971	6,1	31	210	270	360	2500	880	470	65	28	31	16	410
1972	10	10	95	150	590	1600	840	920	71	33	50	11	360
1973	(10)	(20)	42	600	1400	3200	2000	670	210	3,2	(16)	(10)	680
1974	(15)	(20)	5,9	140	370	630	680	330	43	7,7	(10)	(20)	190

1975	(8)	(10)	6,4	220	220	1900	590	570	64	(10)	(15)	(4)	(301)
1977	(2)	(10)	(75)	150	(900)	(970)	600	400	62	71	46	8,3	(275)
1978	3,5	1,8	69	1100	1400	930	1000	1000	35	9,1	8	20	460
1979	4,1	6,9	110	1200	1000	2700	(1700)	880	85	170	23	(18)	(658)
1980	(2)	(17)	(75)	180	1700	930	640	380	46	14	(6)	(8)	(333)
1981	15	35	49	230	1300	1100	1100	270	41	19	21	6,4	350
1982	(10)	(6)	35	340	340	130	360	450	38	12	10	(2)	(144)
1983	1,1	7,9	37	160	880	1300	1100	1100	170	49	14	10	400
1984	5,8	12	110	520	320	720	480	1100	46	15	14	2,8	280
1985	(10)	(10)	41	430	280	780	520	230	(10)	15	17	(10)	(196)
1986	2,1	16	32	200	280	940	880	360	54	28	10	7	230
1987	6,7	8,2	120	240	1200	3000	2900	1100	110	100	34	21	740
1989	(10)	(10)	(110)	(610)	(2400)	1800	1400	450	90	26	23	12	(578)
1990	45	35	280	720	2100	1400	1200	520	270	43	24	24	560
1991	(15)	(15)	200	320	440	2300	1400	670	170	24	25	(10)	(466)
1992	(12)	(10)	130	480	580	920	1300	310	63	22	15	15	(321)

В результате вычислений, основанных на исследованиях, получили среднегодовой расход наносов  $R_0 = 473$  кг/с и коэффициент вариации  $C_{vr} = 0,655$ .

Результаты выполненного расчета расхода наносов заданной обеспеченности по программе FLIKE (Log Pearson III) приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Расход наносов при различных значениях обеспеченности**

Обеспеченность P%	0,1	0,5	1,0	2,0	10,0	50,0
Расход наносов $R_0$ , кг/с	3548	2335	1920	1560	894	392

Фракционный состав наносов принят для гидростов, ближайших к гидроствору Уч-Терек. В таблице 4 приведены значения фракционного состава наносов Нарына на участке Нижненарынского каскада ГЭС.

Таблица 4

**Средний гранулометрический состав взвешенных наносов в р. Нарын**

Пост	Годы наблюдений	Число проб	Крупность наносов в мм и содержание в % от общего количества			
			0,20	0,20 – 0,05	0,05 – 0,01	< 0,01
р. Кекирим	1938-1943, 1956-1960	202	2,9	21,2	17,7	58,2
с. Алексеевка	1933-1935, 1937-1942 1948, 1950-1952, 1954, 1957, 1958	74	1,8	21,9	21,5	54,8
ст. Верхне-Учукганская	1953-1957		2,8	25,0	19,1	53,2
кишл. Учкурган	1929, 1931-1944, 1946-1962	124	2,4	15,2	27,2	55,2

Из таблицы 4 видно, что средний гранулометрический состав взвешенных наносов в р. Нарын на данном участке реки почти не изменяется, поэтому нами для дальнейших расчетов принято распределение по гидроствору с. Алексеевка. Оценка распределения наносов по акватории водохранилища

основывается на учете скоростей течения в водохранилище  $V_{\text{ср}}$  и скорости выпадения взвешенных в потоке частиц данной крупности  $V_{\text{в}}$ . Зависимость между  $V_{\text{ср}}$  и  $V_{\text{в}}$ .

Зная скорость осаждения взвешенных наносов и среднюю скорость течения на каком-либо участке водохранилища, можно вычислить путь  $L$ , на протяжении которого выпадут наносы рассматриваемой крупности.

При расчете заиления Токтогульского водохранилища за основу был взят ряд наблюдений за твердым стоком на гидропосту Уч-Терек (см. таблицу 3), расположенным выше Токтогульского водохранилища [3].

Далее принимая, что мертвый объем Токтогульского водохранилища равен 5,5 млрд.  $\text{м}^3$ , и принимая транзитную часть наносов мелких фракций, сбрасываемых из водохранилища при паводках, в долях от общего объема наносов  $d = 5\%$ , было рассчитано возможное время заиления мертвого объема Токтогульского водохранилища.

Как следует из изложенного выше, оценка распределения наносов по акватории водохранилища основывается на учете скоростей течения  $V_{\text{ср}}$  в водохранилище и скорости выпадения взвешенных в потоке частиц данной крупности  $V_{\text{в}}$ .

Гидравлическую крупность наносов, определяли по таблице 9,3 СНиП, а предельную скорость выпадения частиц, определяли по формулам СНиП [4].

При расчете распределения наносов по акватории водохранилища принято 6 створов на равном расстоянии друг от друга. Таким образом, имея данные о твердом расходе, крупности, или гранулометрическом составе наносов, поступающих в водохранилище, о величине расхода воды и площади поперечных сечений на различных участках водохранилища, было также определено, на каком расстоянии от зоны выклинивания подпора произойдет осаждение частиц различной крупности. Расчеты сведены в таблице 5.



Рис. 2. Наносы верхней части Токтогульской водохранилища в маловодный период

**Расчет распределения наносов по акватории водохранилища**

Расчетные параметры	Диаметр частиц, мм	Номера расчетных створов (расстояние, км)					
		1 (0,0)	2 (2,0)	3 (4,0)	4 (6,0)	5 (8,0)	6 (10,0)
Площадь сечения водохр., м <sup>2</sup>		1000	5000	10000	25000	50000	100000
Ширина водохранил., м		200	500	700	1120	1570	2200
Глубина водохранил., м		5,0	10,0	14,3	22,3	31,8	45,5
Ср. скорость воды V <sub>ср</sub> , м/с		1,558	0,3116	0,1558	0,06232	0,03116	0,01558
Предельная скорость выпадения частиц, V <sub>к</sub> , м/с	0,2	0,283	0,318	0,337	0,363	0,385	0,409
	0,05	0,178	0,200	0,212	0,229	0,243	0,258
	0,01	0,104	0,117	0,124	0,134	0,142	0,151
Скорость выпадения частиц, V <sub>в</sub> , м/с	0,2	отриц.	0,004	0,113	0,174	0,193	0,202
	0,05	отриц.	отриц.	0,001	0,001	0,002	0,002
	0,01	отриц.	отриц.	отриц.	0,00004	0,00006	0,00007
Длина уч. выпадения частиц, L, м	0,2	Проносится	785,6	19,7	8,0	5,1	3,5
	0,05	Проносится	проно- сится	4180,0	956,0	569,3	376,8
	0,01	Проносится	проно- сится	проно- сится	32557,2	15894,1	9873,8

На основании результатов, приведенных в таблице 5 определено расстояние, на котором произойдет выпадение частиц взвешенных наносов заданного фракционного состава: фракции диаметром  $d = 0,2$  мм выпадут приблизительно на расстоянии 2,8 км,  $d = 0,05$  мм – 8,2 км и  $d = 0,01$  мм – 19,9 км.

### **Параметры твердого стока на р. Нарын в створе с. Учтерек между Камбаратинской ГЭС-1 и ГЭС-2**

Формирование стока речных наносов р.Нарын происходит в основном за счет смыва мелкозема с речных бассейнов и, в значительно меньшей степени, за счет руслового размыва, причем интенсивность последнего зависит от устойчивости русла. Среди продуктов бассейнового смыва основную роль играют наносы, выносимые ледниковыми водами, и наносы, смываемые талыми снеговыми и дождевыми водами.

Воды рек, входящих в систему Нарына, имеют высокую мутность. Для годового хода мутности характерна повышенная мутность в период половодья, причем имеется тенденция к двум ее максимумам – в мае, в период интенсивного таяния сезонных снегов, и в июле-августе, в период таяния ледников. Самая низкая мутность наблюдается в зимние месяцы.

Доля взвешенных наносов за счет ледникового смыва в бассейне р. Нарына, которая относится к рекам со смешанным, преимущественно снеговым, питанием со средними высотами водосборов порядка 2500-3000 м, достигает наибольших значений (70-80%). С понижением высоты водосбора доля ледникового смыва уменьшается, а доля талого и дождевого смыва увеличивается.

Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов и мутности в основном соответствует внутригодовому распределению жидкого стока, но

отличается еще большей неравномерностью. Колебания расходов взвешенных наносов не всегда синхронны колебаниям расходов воды из рис.1 видно, что не всегда наибольший по водности год является наибольшим по стоку взвешенных наносов, так же, как и наименьшие годы по стоку воды не всегда будут наименьшими по стоку наносов.

В осенне-зимний период (октябрь-февраль) мутность воды р. Нарын колеблется незначительно, расходы взвешенных наносов наиболее низкие и сток наносов составляет всего от 0 до 5 % годового.

В весенний период, с марта по июнь, мутность воды резко увеличивается, причем величины ее достигают больших значений на подъеме половодья, чем на спаде. Время прохождения наибольших среднемесячных расходов взвешенных наносов не одинаково по длине р. Нарын, так как зависит в основном от высоты водосборов, и обычно совпадают с периодом максимальных расходов воды.

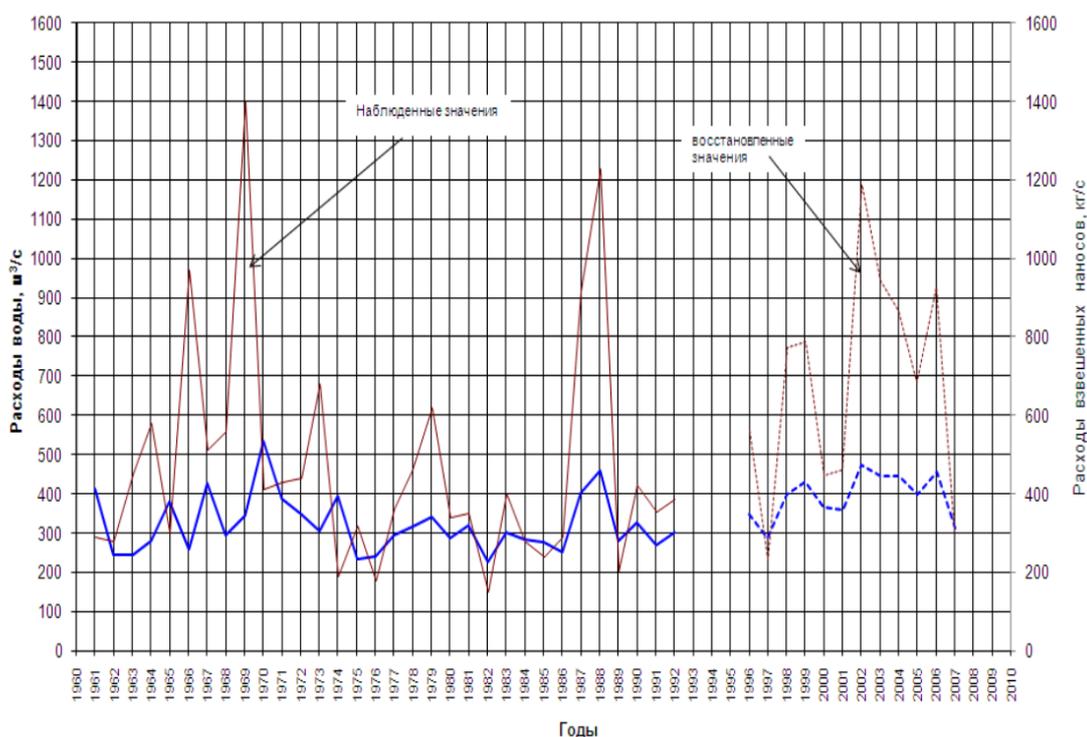


Рис. 3. График связи среднемесячных расходов взвешенных наносов с расходами воды

По указанным годам наблюдений был построен график связи среднемесячных расходов взвешенных наносов с расходами воды  $R_{взв} = f(Q)$  (см. рис. 2).

Многолетний ряд расходов взвешенных наносов получен путем их восстановления по этому графику и среднемесячным расходам воды за период с 1993 по 2007 гг.

Среднемесячные и среднегодовые расходы взвешенных наносов р. Нарын по гидропосту у с. Учтерек приводятся в таблице 5. Среднегодовой расход взвешенных наносов в среднем за 1961-2007 гг. равен 480 кг/с, что составляет по стоку за год 15,2млн. тонн или 12,6 млн.м<sup>3</sup>.

Наибольший среднегодовой расход взвешенных наносов р. Нарын в ряду наблюдений был зафиксирован в 1969 г. и составил 1400 кг/с при годо-

вом стоке 44,2 млн. тонн, наименьший – в 1982 г, равен 150 кг/с при стоке 4,7млн. тонн.

Основной сток взвешенных наносов проходит в период паводка – с апреля и август – и составляет в среднем 94% от годового стока. Среднемноголетний расход взвешенных наносов этого периода равен 1000 кг/с. Наибольший наблюдаемый среднемесячный расход в среднем за многолетие приходится на июнь и равен 1700 кг/с.

В отдельные годы максимум стока взвешенных наносов приходится на май (5 раз), июль (2 раза) или август (2 раза).

Наибольший среднемесячный расход взвешенных наносов за 1961-1987, 1989-1992 гг. наблюдался в июне 1969г и составил 5200 кг/с, наименьший за паводковый период – 35 кг/с – в апреле 1962 г.

Учитывая малую приточность участка р. Нарын между створами гидрологического поста у с. Учтерек и Камбаратинских ГЭС № 1 и № 2, для характеристики стока взвешенных наносов р. Нарын к намечаемым сооружениям Камбаратинских ГЭС приняты данные наблюдений по гидропосту у с. Учтерек. Измерение расходов и фракционного состава взвешенных наносов, отбор ежедневных проб воды на мутность велись в створе с. Учтерек с 1961 по 1987 г. и (с пропусками) с 1989 по 1992 г. После 1992 г. наблюдений за мутностью не велось.

Наиболее осветленная вода в р. Нарын в створе гидропоста у с. Учтерек наблюдается с ноября по февраль. Сток наносов этого периода составляет 1,6 % от годового.

Мутность воды р. Нарын в створе гидропоста у с. Учтерек в среднем за период с 1961-1987, 1989-1992 гг. равна 1,4 кг/м<sup>3</sup>.

Внутригодовое распределение мутности соответствует внутригодовому распределению стока взвешенных наносов (таблица 6).

Таблица 6

**Сведения о твердом стоке р. Нарын**

Река – створ наблюдений	1985 г.		1986 г.	
	Сток влеко- мых наносов тыс. т	% от стока взвешенных наносов	Сток влеко- мых наносов, тыс.т	% от стока взвешенных наносов
р. Нарын – выше устья р. Кекемерен	310	5,7	300	4,0
р. Кекемерен – устье	85	34	69	8,0
р. Нарын – ниже устья р. Кекемерен	390	6,9	370	4,3
р. Нарын – с. Учтерек	600	8,0	-	-

Мутность воды в период с апреля по август в среднем за многолетие составляет 1,9 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшая мутность в основном наблюдается в июне и в среднем составляет в этом месяце 2,2 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшая среднемесячная мутность воды за период 1961-1987, 1989-1992гг. наблюдалась в мае 1969 г. и была равна 5,6кг/м<sup>3</sup>.

Фракционный состав взвешенных наносов по измерениям на гидропосту ус. Учтерек в 1964-1969, 1974-1978 и 1983-1986 гг. представлен на рис. 3.

Основную массу (96%) взвешенных наносов составляют частицы диаметром менее 0,25 мм. На стадии обосновывающих материалов сток влекомых наносов р. Нарын к створам Камбаратинских ГЭС был принят по процентному соотношению влекомых и взвешенных наносов, полученному по измерениям в 1962-1966 гг. на р. Нарын в створе гидропоста Карасуйский. Это отношение составило 7 %.

В 1985 и 1986 гг. Средазгидропроект вел наблюдения за стоком влекомых наносов р. Нарын в створах у с. Учтерек, выше устья р. Кекемерен и р. Кекемерен в створе устья.

Измерения расходов влекомых наносов проводились в период паводка – с мая по сентябрь. Отбор проб влекомых наносов производился сачком-ловушкой системы Гидропроекта с размером входного отверстия 15×15 см.

Движение влекомых наносов р. Нарын в створе у с. Учтерек начинается при расходе воды 200 м<sup>3</sup>/с, полоса движения наносов колеблется в пределах 50-65 м. В створе выше устья р. Кекемерен движение влекомых наносов отмечено при расходах воды более 100 м<sup>3</sup>/с, полоса движения наносов на участке створа изменяется от 15 до 50 м.

Таким образом, принятое на стадии обосновывающих материалов процентное соотношение (7%) стоков влекомых и взвешенных наносов р. Нарын к створам Камбаратинских ГЭС-1 и 2 подтверждается данными наблюдений 1985 и 1986 гг.

Сток влекомых наносов р. Нарын к створам Камбаратинских ГЭС-1 и 2 принят равным 1,06 млн. тонн или 0,53 млн.м<sup>3</sup> в год.

Материалы наблюдений 1985-1987, 1988, 1989, 1991 и 1992 гг. за фракционным составом влекомых наносов р. Нарын в створе гидрологического поста у с. Учтерек также подтвердили кривую, приведенную в Техническом проекте и полученную на основании наблюдений 1962-1966 гг. в створе гидропоста Карасуйский (рис. 4).

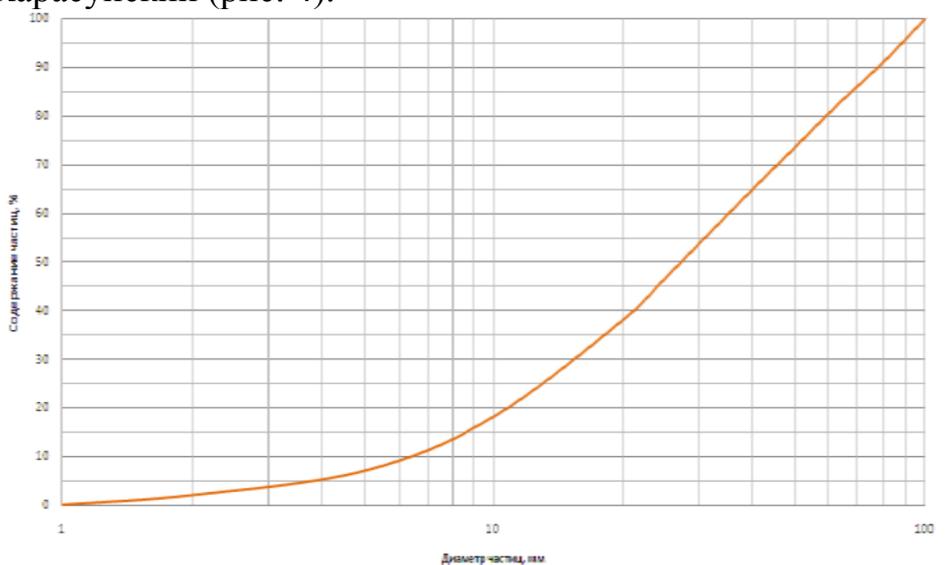


Рис. 4. Фракционный состав влекомых наносов р. Нарын в створе гидрологического поста у с. Учтерек наблюдений 1985-1987, 1988, 1989, 1991 и 1992 гг.

## Основные выводы

Контроль состояния и работы гидротехнических сооружений позволяет выявить основные эксплуатационные затруднения, степень и характер которых зависят главным образом от величины напора и конструктивных особенностей гидротехнических сооружений, а также географического расположения гидроузла.

В мире накоплен опыт по существующим гидроузлам и разработаны сооружения по очистке наносов. Отсутствие или крайняя ограниченность расходов воды на промыв наносных отложений, скопившихся в бьефах гидроузла осенью и весной (до паводков), осложняют его эксплуатацию, которая зачастую невозможна без механического удаления их из водохранилища.

Для рационального использования существующих гидротехнических сооружений и водохранилищ, созданных ими целесообразно расширение изучения и обобщение опыта эксплуатации гидроузлов и гидротехнических сооружений. При этом данные всех видов натуральных наблюдений и исследований необходимо учитывать более глубоко, чем в настоящее, при разработке новых энергетических и комплексно-энергетических систем. Следует также углубить проработку вопросов эксплуатации при составлении проектов комплексных гидроузлов и их сооружений и мероприятий по борьбе с наносами.

На данном этапе все виды наблюдений в Республике не проводятся, частично проводимые наблюдения не дают полной характеристики работы сооружения, что не позволяет проведению анализа процессов в водохранилище.

По результатам полученных данных можно сделать следующие выводы:

### По Учкурганскому водохранилищу:

- сравнение результатов промеров по поперечникам с изучением мутности показывает, что объем заиления почти полностью определяется объемом взвешенных наносов; донные наносы не оказывают существенного влияния на заиление водохранилища.

- на основании изучения имеющихся материалов по заилению водохранилища и его очистке и наших обследований (2000г.) установлено, что очистка водохранилища остается актуальной задачей. Для проведения мероприятий по очистке необходимо: провести батиграфическую съемку водохранилища; разработать проект очистки. [5].

### По Токтогульскому водохранилищу:

- период заиления мертвого объема довольно продолжительный, более 350 лет, но заиление устьевой части водохранилища может привести к поднятию дна.

- выпадение даже самых мелких фракций наносов произойдет на расстоянии до 20 км от устья, т.е в пределах Кетмень-Тюбинской долины.

- в обозримом будущем наносы не достигнут створа плотины и не могут повлиять на работу и безопасность Токтогульской ГЭС.

## Список литературы

1. Зырянов А.Г. Динамика заиления водохранилища Учкурганской ГЭС и опыт борьбы с наносами // Гидротехническое строительство, № 1. – М., 1973. – С. 32–37.
2. Отчет по оценке безопасности Токтогульской и Учкурганской плотин. Компонент С «Безопасность плотин и управление водохранилищами». Проект GEF. – Бишкек, 2001.

3. Токтогульская ГЭС на р. Нарын. Технический проект основных сооружений, том 1. Природные условия. Кн. 2. Инженерно – геологические условия. – 1036-ТЗ. – САО «Гидропроект», 1969.

4. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.14–83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985

5. ТЭР расчистки водохранилища Учкурганской ГЭС на р.Нарын. Проект № 3805-17 / ВО «СОЮЗГИДРОЭНЕРГОСТРОЙ». – М., 1990.