

*Липкин В.И., Мавлянбеков Ш.У.*

## ТОКТОГУЛ СУУ САКТАГЫЧЫНА АГЫП КИРГЕН СУУНУН КӨЛӨМҮ ЖАНА ТОКТОГУЛ ГЭСИ АРКЫЛУУ СУУНУН ЧЫГЫМЫ

*Липкин В.И., Мавлянбеков Ш.У.*

## ПРИТОК ВОДЫ В ТОКТОГУЛЬСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ И РАСХОД ВОДЫ ЧЕРЕЗ ТОКТОГУЛЬСКУЮ ГЭС

*V.I. Lipkin, Sh.U. Mavlyanbekov*

## INFLOW OF WATER IN TOKTOGYL STORAGE POOL AND RATE-OF-FLOW THROUGH TOKTOGYL HYDROELECTRIC POWER PLANT

УДК: 556.5+556.5.06

Макалада бүгүн Токтогул суу сактагычындагы суунун көлөмү жана деңгээлдери, о.э. 40 жыл ичиндеги Токтогул ГЭСинде иштелип чыккан кубат электр энергиясы берилген. Суунун мөөнөтү менен 20 жылдан бери 1, 3, 5 жана 10 жылдар ичинде чечкиндүү чыгымдар жана максималдуу суунун көлөмү Токтогул суу сактагычында аныкталган. Нарын дарыясындагы суунун агымын Кыргызстандагы 1970-жылдан тартып 2050-жылга чейин дарыялар үчүн болжолдонгон климат өзгөртүүлөр көрсөтүлгөн. Токтогул суу сактагычындагы суунун жер бетиндеги көлөмдүк агымы бүгүн 2,0 °С. тилекке каршы температурасын жогорулатуу менен 2025-ж. 170 млн. м<sup>3</sup> көбөйөт, 2035-жылга карата 40 млн. м<sup>3</sup> кыскарат, жана 2050-жылы 710 млн. м<sup>3</sup> төмөндөйт салыштырмалуу агымынын көлөмүнө 13,251 млрд. м<sup>3</sup> 2000-жылы жана 2035 г 40 млн. м<sup>3</sup> 2050 ж. төмөндөшү 710 млн. м<sup>3</sup> салыштырмалуу көлөмү агымы 13,251 млрд. м<sup>3</sup> 2000-жылы кыскарган.

**Негизги сөздөр:** суу, суу сактагыч, дарыя, агым, көлөмү, жыл аралыгы, климат, температура, алдын алуу божомол.

В статье представлены объемы и уровни воды Токтогульского водохранилища и выработка электроэнергии Токтогульской ГЭС за 40 лет. Определены расходы и максимальные объемы воды Токтогульского водхр за 20 лет с периодами 1, 3, 5 и 10 лет. Показан сток воды реки Нарын и рек Кыргызстана для прогнозируемых климатических изменений с 1970 до 2050 года. Объемные притоки воды в Токтогульском водохранилище при увеличении наземной температуры воздуха на 2,0 °С к 2025 г. увеличатся на 170 млн. м<sup>3</sup>, к 2035 г. уменьшатся на 40 млн. м<sup>3</sup>, а к 2050 г. уменьшатся на 710 млн. м<sup>3</sup> по сравнению с объемным притоком 13251 млн. м<sup>3</sup> в 2000 г.

**Ключевые слова:** вода, водохранилище, река, приток, расход, объем, период, климат, температура, прогноз.

In the article volumes and water of Toktogul of storage pool and выработка of electric power of Toktogul levels are presented hydroelectric power plant for 40. Inflows, charges and maximal volumes of water of Toktogul of storage pool, are certain for 20 with a period one year, and by total periods three, five and ten years. The flow of water of the river Naryn and rivers of Kyrgyzstan is shown for the forecast climatic

changes from 1970 - 2050 to. The volume inflow of water in the Toktogul reservoir with an increase in ground-level air temperature by 2.0 °C by 2025 will increase by 170 million m<sup>3</sup>, and by 2035 will decrease by 40 million m<sup>3</sup>, by 2050 will decrease by 710 million m<sup>3</sup> compared with a volumetric inflow of 13251 million m<sup>3</sup> in 2000. The volume inflows of water in the Toktogul reservoir with an increase in ground-level air temperature by 3.00 C by 2025 will increase by 190 million m<sup>3</sup>, and by 2035 will decrease by 250 million m<sup>3</sup> by 2050 decrease by 1,400 million m<sup>3</sup> compared with a volumetric inflow of 13251 million m<sup>3</sup> taken in 2000.

**Key words:** water, storage pool, river, inflow, expense, volume, period, years, climate, temperature, prognosis.

**Введение.** Токтогульское водохранилище с полезным объемом 14 млрд. м<sup>3</sup> формируется благодаря падению реки Нарын - основной реки Кыргызской Республики и ряда рек - Торкент, Чычкан, Узун-Ахмат. Река Нарын на пути к водохранилищу пополняется водами основных притоков: Ат-Башы, Кокомерен, Ала-Буга. Сколько воды проходит через Токтогульскую ГЭС, столько воды потом идет по руслу реки через все остальные станции каскада – Курпсайскую, Таш-Кумырскую, Шамалды-Сайскую, Уч-Курганскую.

**Результаты исследований.** На каждой станции в специальных журналах постоянно регистрируется объем отпускаемой воды. Холостой сброс воды объемом 1,5 млрд. м<sup>3</sup> из Токтогульского водохранилища производился в 2010 г. Это было связано с Апрельскими событиями 2010 г. и переизбытком воды. Вырабатывать электроэнергию на экспорт начали только во второй половине 2010 г. Перед выходом на территорию Узбекистана вода собирается в водохранилище Уч-Курганской ГЭС, от которого отходят два канала – единственные пути слива воды, используемые для выработки электроэнергии. Минимальные и максимальные ежегодные объемы воды в Токтогульском водохранилище [1] за время заполнения и последующей эксплуатации показаны на рис. 1.

Расходы воды через Токтогульскую ГЭС за зимний, весенний, летний и осенний сезоны по 3 месяца показаны на (рис 2).

## НАУКА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ КЫРГЫЗСТАНА, №4, 2019

Зимние средние (по три месяца) расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1976 по 1988 г. были в пределах 450-600 м<sup>3</sup>/с. В 1991 г. они были 1046 м<sup>3</sup>/с и увеличились до 2331 м<sup>3</sup>/с в 2008 г. Средний зимний трёхмесячный расход воды через Токтогульскую ГЭС с 1976 по 2016 г. составил 1320 м<sup>3</sup>/с. Летние средние (по 3 мес.) расходы воды через Токтогуль-

скую ГЭС с 1976 по 1991 г. были в пределах от 1326 до 2208 м<sup>3</sup>/с; они уменьшились до 877 м<sup>3</sup>/с в 1993 г. и за весь последующий период не превышали 1605 м<sup>3</sup>/с в 1995 г. Средний летний трёхмесячный расход через Токтогульскую ГЭС с 1976 по 2016 г. составлял 1488 м<sup>3</sup>/с.

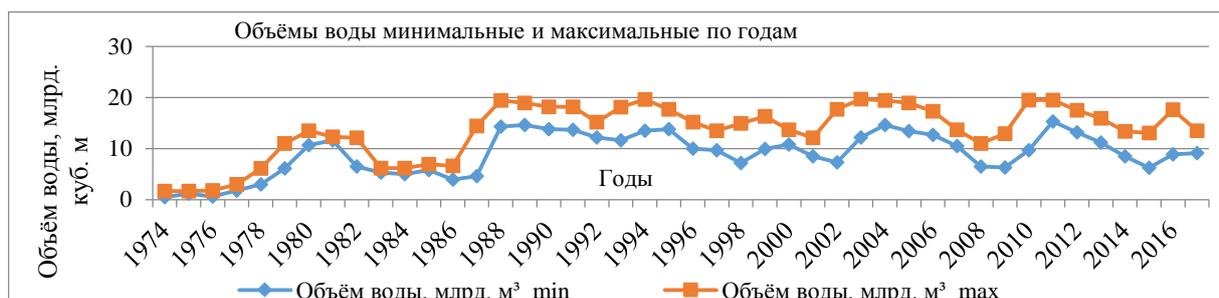


Рис.1. Объёмы воды в Токтогульском водохранилище за время заполнения и последующей эксплуатации.

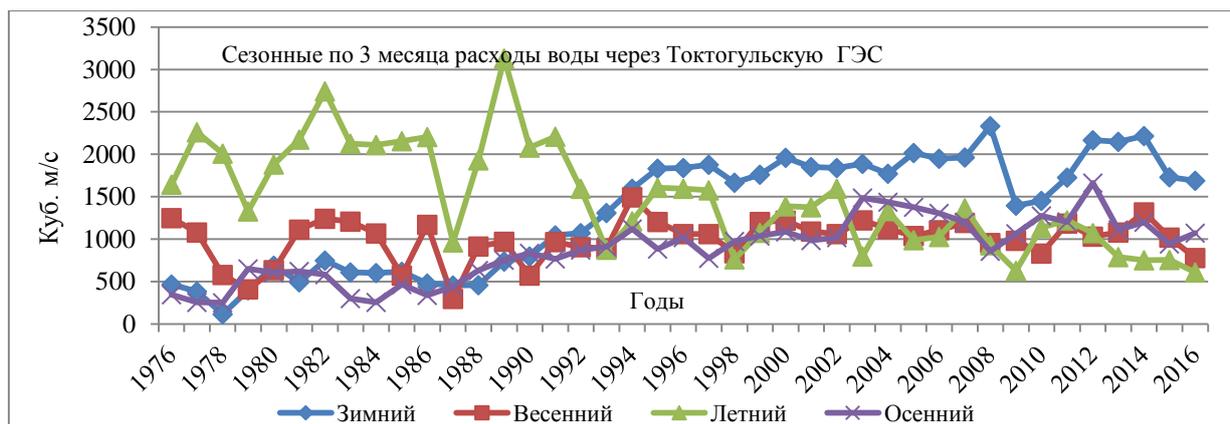


Рис.2. Зимний, весенний, летний, осенний сезонные (по три месяца) расходы воды.

Весенние средние по 3 месяца, расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1991 по 2016 г. изменялись от 1495 м<sup>3</sup>/с в 1994 г. до 778 м<sup>3</sup>/с в 2016 г. Средний весенний трёхмесячный расход воды через Токтогульскую ГЭС с 1976 по 2016 г. был 998 м<sup>3</sup>/с. Осенние средние (по 3 мес.) расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1991 по 2016 год изменялись от 766 м<sup>3</sup>/с в 1991 г. до 1662 м<sup>3</sup>/с в 2012 г. Средний осенний трёхмесячный расход воды через Токтогульскую ГЭС с 1976 по 2016 г. был 877 м<sup>3</sup>/с.

Средние годовые объёмы притока воды в Токтогульское вдхр и расхода воды через Токтогульскую ГЭС с 1975 по 2016 г. представлены в табл. 1. Расходы воды Токтогульского гидроэнергоузла, с группированные в 14-летние циклы, увеличились с 10,06 млрд. м<sup>3</sup> в 1975 - 1988 годы до 13,38 млрд. м<sup>3</sup> в 2003-2016 гг. Среднегодовые объёмные притоки во-

ды в Токтогульское водохранилище и среднегодовые объёмные расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1975 по 2016 г. показаны на рис. 3. Среднегодовой расход воды из Токтогульского вдхр с 1975 по 2016 г. составил 12,2 млрд. м<sup>3</sup>. Среднегодовой приток воды в Токтогульское вдхр в 1975-2016 гг. составил 12,5 млрд. м<sup>3</sup>.

Среднегодовые наибольшие расходы воды из Токтогульское вдхр наблюдаются на следующий год после наибольших притоков в водохранилище. Среднегодовые притоки и расходы воды из Токтогульское вдхр с 1988 по 2016 г. изменяются в интервале от 10 до 15 млрд. м<sup>3</sup>. Максимальные единовременные объёмы воды в течение года, среднегодовые объёмные притоки воды в Токтогульское водохранилище и среднегодовые объёмные расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1997 по 2016 год показаны на рис. 4.

Среднегодовые объёмы притока и расхода воды из водохранилища

Год	Приток	Расход	Год	Приток	Расход	Год	Приток	Расход
1975	9	8,1	1989	10,1	15	2003	15,7	14,2
1976	9,4	9,8	1990	13	11,6	2004	14,5	15
1977	10,5	10,3	1991	10,7	13,2	2005	13,7	14,2
1978	12	8,2	1992	12	12,2	2006	12,6	14,4
1979	12,5	7,5	1993	13,6	10,6	2007	11,7	15,3
1980	10,7	10,2	1994	15,2	14,5	2008	9,9	12,6
1981	11,9	12,1	1995	10,9	15	2009	14,3	10,7
1982	8,4	13,9	1996	13,7	14,5	2010	19,4	12,5
1983	11	11	1997	10,8	13,7	2011	13,5	14,5
1984	11	11	1998	14,5	11,2	2012	12	14,3
1985	10,3	9,8	1999	14,5	13,5	2013	11,8	13,3
1986	9,5	11	2000	12,6	15,2	2014	10,0	14,2
1987	15	5,8	2001	12,6	14,2	2015	13,5	11,6
1988	16,5	12,2	2002	16,7	11,4	2016	15,6	10,6
<b>Итого</b>	<b>157,7</b>	<b>140,9</b>	<b>Итого</b>	<b>180,9</b>	<b>185,8</b>	<b>Итого</b>	<b>188,2</b>	<b>187,4</b>
<b>Среднее</b>	<b>11,26</b>	<b>10,06</b>	<b>Сред</b>	<b>12,92</b>	<b>13,27</b>	<b>Сред</b>	<b>13,44</b>	<b>13,38</b>

Анализируя изменения объёмных расходов воды с 1997 по 2016 год видно, что расходы воды отстают по времени на один год от объёмных притоков и максимальных годовых объёмов воды в водохранилище. В периоды снижения объёмных притоков, объёмные расходы воды продолжают превышать объёмные притоки воды в течение 2-4 лет. Максимальные объёмы воды, среднегодовые объёмные притоки воды в Токтогульское водохранилище и среднегодовые объёмные расходы воды через Токтогульскую ГЭС с 1997 по 2016 год для трёхлетних периодов показаны на рис. 5.

Анализируя объёмные расходы воды Токтогульского водохранилища с периодами три года с 1997 по 2005 гг. показано, что расход воды через Токтогульскую ГЭС не превышает приток воды в Токтогульское водохранилище. В предкризисные маловодные 2006-2008 и 2012-2014 гг. расходы воды

превышали притоки воды на 2,6 и 2,3 млрд. м<sup>3</sup>. В 2009 – 2011 гг. расход воды был меньше притока на 2,8 млрд. м<sup>3</sup>. Объёмные расходы воды Токтогульского гидроэнергоузла, сгруппированные в пяти-летние периоды, уменьшились с 13,6 млрд. м<sup>3</sup> в 1997-2001 г. до 12,8 млрд. м<sup>3</sup> в 2012-2016 гг. Притоки воды в Токтогульское водохранилище, сгруппированные в 10-летние периоды в 1997-2006 годы, уменьшились с 13,8 млрд. м<sup>3</sup> до 13,2 млрд. м<sup>3</sup> в 2007-2016 гг. Расходы воды через Токтогульскую ГЭС, сгруппированные в период 1997-2006 годы, уменьшились с 13,7 млрд. м<sup>3</sup> до 13,0 млрд. м<sup>3</sup> в период 2007-2016 гг. В десятилетние периоды объёмные расходы были меньше объёмных притоков на 100-200 млн. м<sup>3</sup> воды. Средние годовые объёмы притока воды в Токтогульское водохранилище за период 20 лет с 1997 по 2016. составляли по 13,5 млрд. м<sup>3</sup>.

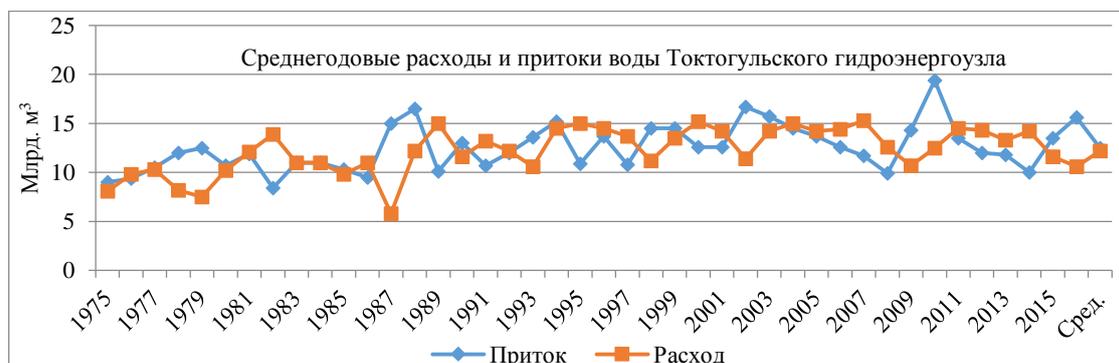


Рис.3. Изменения объёмных среднегодовых притоков и расходов воды из Токтогульского водохранилища.

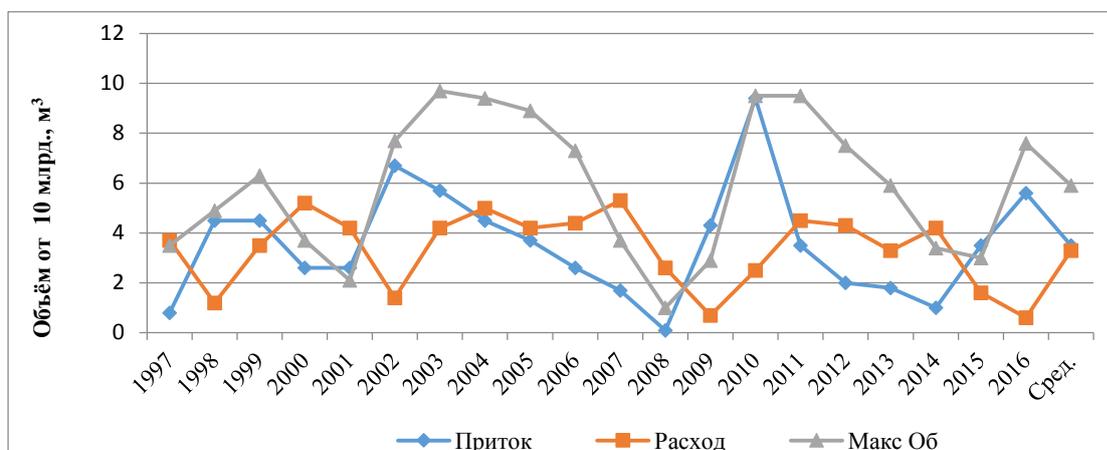


Рис. 4. Расходы, притоки и максимальные объёмы воды Токтогульского водохранилища.

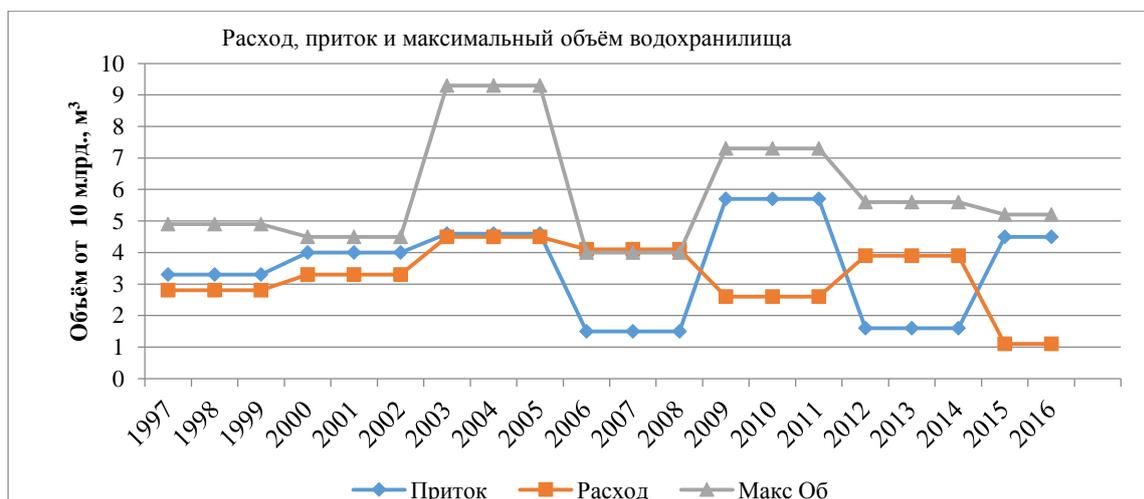


Рис.5. Расходы, притоки и максимальные объёмы воды Токтогульского водохранилища с периодом три года.

Средние годовые объёмные расходы воды через Токтогульскую ГЭС составили 13,3 млрд. м<sup>3</sup>. Проекция климата, полученные с использованием много-модельных ансамблей, показывают, что количество осадков увеличится главным образом в районах, где наблюдаются максимумы региональных тропических осадков (районы муссонных режимов и тропическая область Тихого океана) и в высоких широтах, при этом в субтропиках в целом будет наблюдаться их уменьшение. Ожидается обширное уменьшение количества осадков летом в средних широтах, а в восточной части Азии оно будет увеличиваться [2].

Моделирование возможной эволюции стока при прогнозируемых климатических изменениях по основному водному бассейну Кыргызстана и по всей Республике выполнено по предложениям [3].

Результаты вычислений для превышения температуры на 1,0 °C; 2,0 °C; 3,0 °C при постоянных годовых осадках сведены в табл. 2.

Таблица 2

## Прогноз стока р. Нарын и рек Кыргызстана до 2050 г.

Год	Приток в Токтогульское водохранилище, млрд. м <sup>3</sup>			Сток рек Кыргызстана, млрд. м <sup>3</sup>	
	T = 1,0 °C	T = 2,0 °C	T = 3,0 °C	T = 1,0 °C	T = 3,0 °C
1970	13,352	13,352	13,352	48,873	48,873
2000	13,251	13,251	13,251	48,144	48,144
2005	13,293	13,353	13,402	48,319	48,962
2010	13,335	13,455	13,551	48,493	49,705
2015	13,366	13,476	13,566	48,559	49,986
2020	13,382	13,496	13,581	48,607	50,263
2025	13,361	13,425	13,442	48,541	49,962
2030	13,335	13,355	13,293	48,475	49,625
2035	13,274	13,194	12,997	48,293	48,721
2040	13,221	13,036	12,696	48,112	47,815
2045	13,128	12,781	12,664	47,813	46,45
2050	13,038	12,544	11,856	47,515	45,126

**Выводы**

1. Объёмные притоки воды в Токтогульском водохранилище при увеличении наземной температуры воздуха на  $1,0^{\circ}\text{C}$  к 2025 г. увеличатся на 110 млн.  $\text{м}^3$ , к 2035 г. увеличатся на 20 млн.  $\text{м}^3$ , а к 2050 г. уменьшатся на 210 млн.  $\text{м}^3$  по сравнению с притоком принятым равным 13251 млн.  $\text{м}^3$  в 2000 г.

2. Объём притока воды в Токтогульском водохранилище при увеличении наземной температуры воздуха на  $2,0^{\circ}\text{C}$  к 2025 г. увеличится на 170 млн.  $\text{м}^3$ , а к 2035 г. уменьшатся на 40 млн.  $\text{м}^3$ , к 2050 г. уменьшатся на 710 млн.  $\text{м}^3$  по сравнению с объёмным притоком 13251 млн.  $\text{м}^3$  в 2000 г.

3. Объёмные притоки воды в Токтогульском водохранилище при увеличении наземной температуры воздуха на  $3,0^{\circ}\text{C}$  к 2025 г. увеличатся на 190 млн.  $\text{м}^3$ , а к 2035 г. уменьшатся на 250 млн.  $\text{м}^3$  к 2050 г. уменьшатся на 1400 млн.  $\text{м}^3$  по сравнению с объём-

ным притоком принятым равным 13251 млн.  $\text{м}^3$  в 2000 г.

**Литература:**

1. Липкин В.И., Мавлянбеков Ш.У., Коккозов М.Е. Разработка научно обоснованных Правил эксплуатации Токтогульского водохранилища и Нижне-Нарынского каскада ГЭС. Отчет НИР. ИВПиГЭ НАН КР, Бишкек, 2017. 76 с.
2. Липкин В.И., Исследование воздействия изменения климата на Гидроэнергетический потенциал и выработку электроэнергии. Проект ПРООН / ГЭФ «Развитие малых ГЭС в Кыргызстане». Бишкек. 2011, 45 с.
3. Кузьмиченок В.А., Оценка возможной эволюции водотоков ледников и стока в Кыргызстане различной обеспеченности при прогнозируемых климатических изменениях. Проект ЕС/ПРООН Содействие ИУВР и Трансграничному Диалогу в Центральной Азии. Бишкек. 2011, 71 с.

**Рецензент: д.г.-м.н., профессор Усунаев Ш.Э.**