

ГЕОЛОГИЯ. СЕЙСМОЛОГИЯ. СТРОИТЕЛЬСТВО

Васильев И.А., Алехина В.М.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ УРОВНЯ ВОДЫ В ТОКТОГУЛЬСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

УДК 553.495:518 (575.2) (04)

Уровень воды в Токтогульском водохранилище упал с 2000 г. до 2008 г. на 74 г.

Тенденция роста солёности воды составляет 3% в год. В то же время вода в реке Нарын незначительно по вырос в точке Уч-Терек, а в юг – к Шамалды-Сай упал за промежуток времени с 2003г. по 2005 г. Причины изменения уровня вода в Токтогульском водохранилище рассматриваются в этой статье.

Water level in the Toktogul water reservoir dropped to 74 meters from 2000 to 2008. Tendencies of water salinity increase make $\approx 3\%$ per year. In the same time water discharge of the Naryn river has insignificantly increased in point Uch-Terek, and in point Shamaldy-Sai it had dropped for a period 2003 to 2005. The reasons of water level variation in the Toktogul water reservoir are considered in this article.

Нехватка запасов пресной воды высокого качества становится серьезной проблемой во многих частях света [1, 2] (Gleick 1993, Postel 2000). Эта проблема уже достигла катастрофических размеров в среднеазиатских странах, находящихся в бассейне Аральского моря, таких как Казахстан, Кыргызстан и Узбекистан [3-6] (Micklin 1988, Micklin 1991, Glasovskiy 1991, Tsukatani 1998). Кроме того, нехватка пресной воды в Средней Азии привела к возрастанию напряженности между странами из-за неспособности совместного регулирования пресноводных ресурсов.

Политическая, культурная и экономическая стабильность в Центральной Азии требуют того, чтобы сельское хозяйство и население были надежно и стабильно обеспечены пресной водой высокого качества. Пресная вода в Центральной Азии поступает через трансграничную систему рек, поэтому наиболее эффективное управление водными ресурсами может получиться только с помощью совместного международного подхода.

Работы по трансграничному мониторингу рек проводились в рамках совместного проекта «Навруз» между национальными научными учреждениями в Кыргызстане, Таджикистане, Узбекистане и Казахстане и Сандийскими Национальными Лабораториям в США. [7, 8]

(Passell et al. 2002, Passell et al. 2003). Начиная с 1999 года, сотрудничество «Навруз», состоящее из четырех стран, разработало программу речного мониторинга для бассейнов рек Сырдарья и Амударья, включая 15 мониторинговых станций в каждой стране (всего 60). Мониторинг на этих станциях проводится два раза в год (весна и осень), начиная с осени 2000 г. Этот мониторинг включает отбор проб воды (для определения растворенных и взвешенных компонентов), донных осадков, водной растительности (если она имеется) и прибрежных почв. Анализ проб проводится почти по 100 параметрам, включая параметры качества воды (рН, соленость, температура, растворенный кислород и т.д.), содержание металлов и радионуклидов. Аналитические методы были стандартизованы совместными усилиями всех партнеров и представлены в отчетах [7, 8].

Проект «Навруз» финансировался министерством Энергетики США (USDOE) – 2000-2002 гг., а, начиная с 2003 г. – Международным Научно-техническим Центром (МНТЦ) и Научно-техническим Центром Украины (НТЦУ). Полученные в рамках названного проекта результаты неоднократно докладывались на Международных семинарах [9-18], были опубликованы в ряде зарубежных журналов [19-24]; с полученными результатами была ознакомлена общественность Кыргызстана [25-27].

Из большого объема полученных данных в этой статье внимание акцентируется на Токтогульском водохранилище. В последние годы наблюдается тенденция снижения уровня воды и изменение физико-химических параметров воды в водохранилище.

В опубликованных работах была представлена схема отбора проб. В точке (Kg-08) [см. напр. 25, 26] на Токтогульском водохранилище в период с 2001 по 2008 гг. определялись: координаты точки отбора, высота над уровнем моря и физико-химические параметры воды (см. табл. 1).

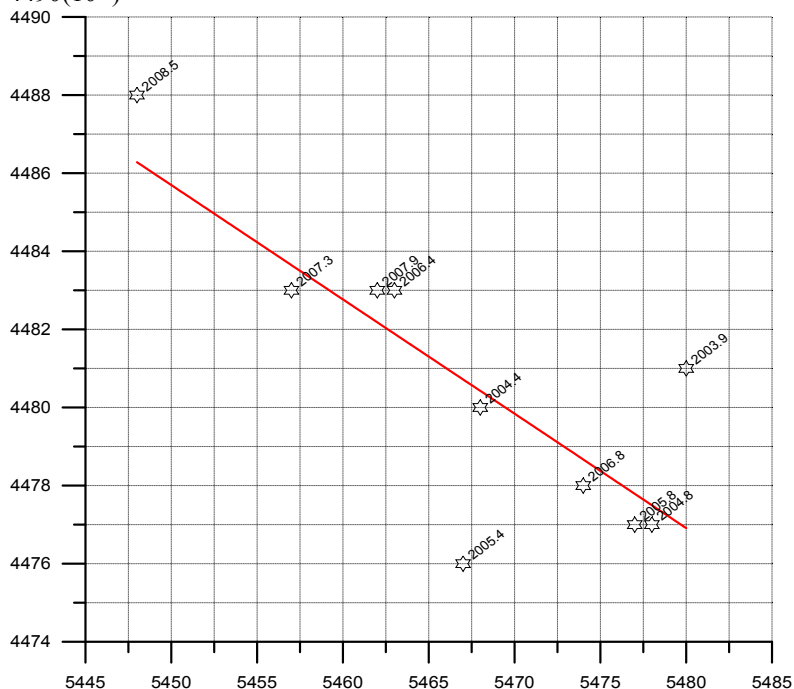
Таблица 1.

Физико-химические параметры воды Токтогульского водохранилища

Дата	Высота над уровнем моря, м	Координаты точек отбора		Атмосферное давление, мм рт.ст.	Содержание растворенного кислорода		Проводимость $\mu\text{S}/\text{cm}$	Соленость, г/л	Растворенные тверд. частицы (TDS) г/л	pH	Окислительно-восстановительный потенциал, (ORP) мВ
					(%)	мг/л					
11.01.01	927	41°44'	72°54'	-	-	14,02	365	0,18	0,234	7,36	403
06.10.01	880	41°44'	72°54'	-	97,8	18,85	332,2	0,16	0,213	8,62	388
23.10.03	899	41°44,81'	72°54,80'	718,1	108,8	17	315,7	0,17	0,202	8,43	340
11.05.04	878	41°44,80'	72°54,68'	715	55,4	5,19	394,5	0,20	0,252	8,52	383
22.10.04	889	41°44,77'	72°54,78'	720,6	-	-	334	0,16	0,214	8,71	328
17.05.05	865	41°44,76'	72°54,67'	711,7	57,0	5,51	383,3	0,19	0,245	9,56	421
13.10.05	890	41°54,77'	72°54,77'	723,3	109,9	9,42	331,8	0,16	0,212	9,29	280
19.04.06	873	41°44,83'	72°54,63'	724,4	97,8	8,91	394,6	0,20	0,253	9,10	204
06.10.06	881	41°77,78'	72°54,74'	700,4	82,7	7,19	319,1	0,16	0,204	9,51	363
04.04.07	866	41°44,83'	72°54,57'	710,8	102,2	10,1	748,1	0,39	0,483	8,1	183
30.11.07	872	41°44,83'	72°54,62'	707,3	111,7	11,3	372,7	0,17	0,219	7,95	229
02.06.08	853	41°44,88'	72°54,48'	723	91,5	7	466,6	0,23	0,291	8,1	412

На рис.1 представлены координаты отбора проб воды в точке (Kg-08) [25].

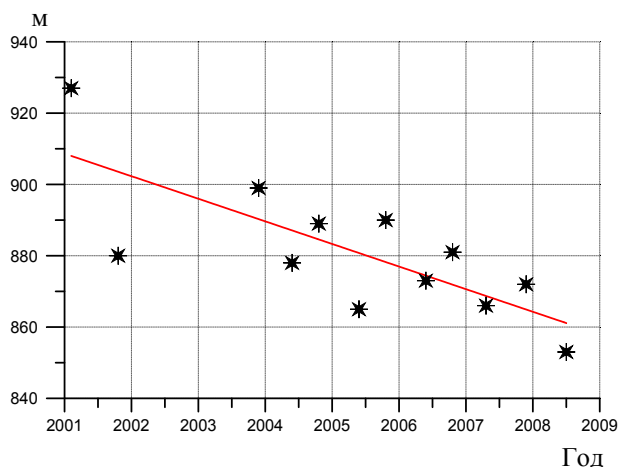
Широта: 41° 4447–4490(10⁻²)'



Долгота: 72° 5445–5485(10⁻²)'

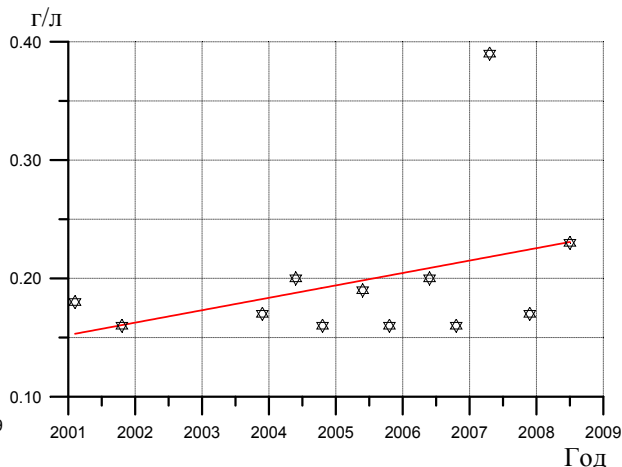
Рис. 1. Координаты отбора проб воды

На рис. 2 показано изменение высоты над уровнем моря в точке отбора проб (Kg-08).



$$Y = -6.33826 * X + 13591.5$$

Рис. 2. Высота над уровнем моря



$$Y = 0.0104888 * X - 20.836$$

Рис. 3. Соленость воды по годам

На рис.3, в качестве примера, представлено изменение солености воды в той же точке.

Уровень воды в точке Kg-08 Токтогульского водохранилища достиг минимального значения в 2008 г. в сравнении со всем периодом наблюдения. Кроме того, следует отметить, что начиная с 2001 г. по 2008 г. уровень упал на 74 метра. Такое падение уровня воды не позволяло Токтогульской ГЭС работать на полную мощность.

Наблюдается и другая тенденция – это увеличение солености воды примерно на 3 % в год.

На рис. 3 просматривается русло реки Нарын в 2008 г. на месте бывшего водохранилища. До 2004 г. зеркало водохранилища доходило практически до моста через реку Нарын (Kg-07), координаты местности: 41°46,15'; 76°04,21' [25]).



Рис. 3. Русло реки Нарын на месте водохранилища, 2008 г.

В табл. 2 представлены результаты определения расходов воды в точках отбора проб, отобранных в мае 1994, 1995 и 2001 и полная информация по этому параметру с 2000 по 2007 гг. (проект “Навруз” – между национальными научными учреждениями в Казахстане, Кыргызстане, Таджикистане и Узбекистане и Сандийскими Национальными Лабораториями в США и проекты МНТЦ). К сожалению, в настоящее время данные по расходам рек носят случайный характер. Расходы рек определяются не

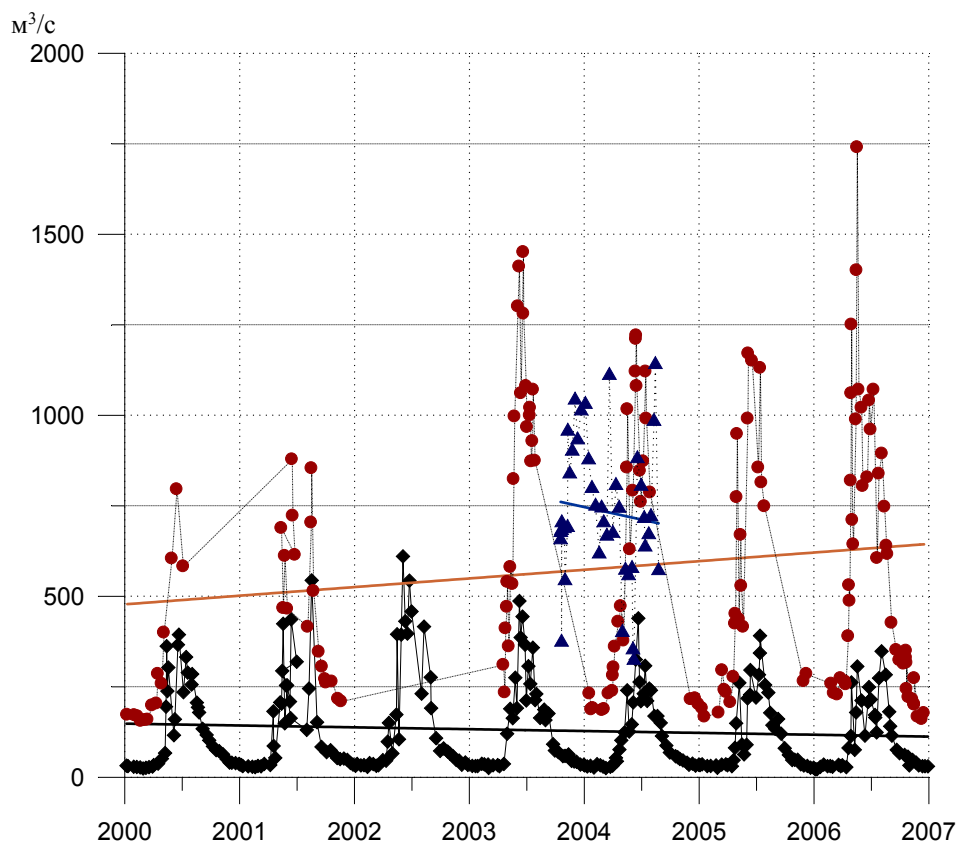
более 5-7 раз в месяц, однако расходы воды в реках могут изменяться в несколько раз в течение суток. До 1995 года помимо точек Kg-01 – Kg-04, Kg-07, Kg-10 расходы рек измерялись и в других пунктах бассейнов рек (с. табл. 2). С 2000 г. точка Kg-10 находилась в районе г. Таш-Кумыр, а с середины 2003 г. по настоящее время она находится в пункте Шамалды-Сай, в этой же точке находится гидропост Гидрометслужбы. Перенос точки дает возможность для сопоставления полученных нами данных с результатами Гидрометслужбы относительно расходов реки.

Таблица 2.

Результаты определения расходов воды в точках отбора (м³/с)

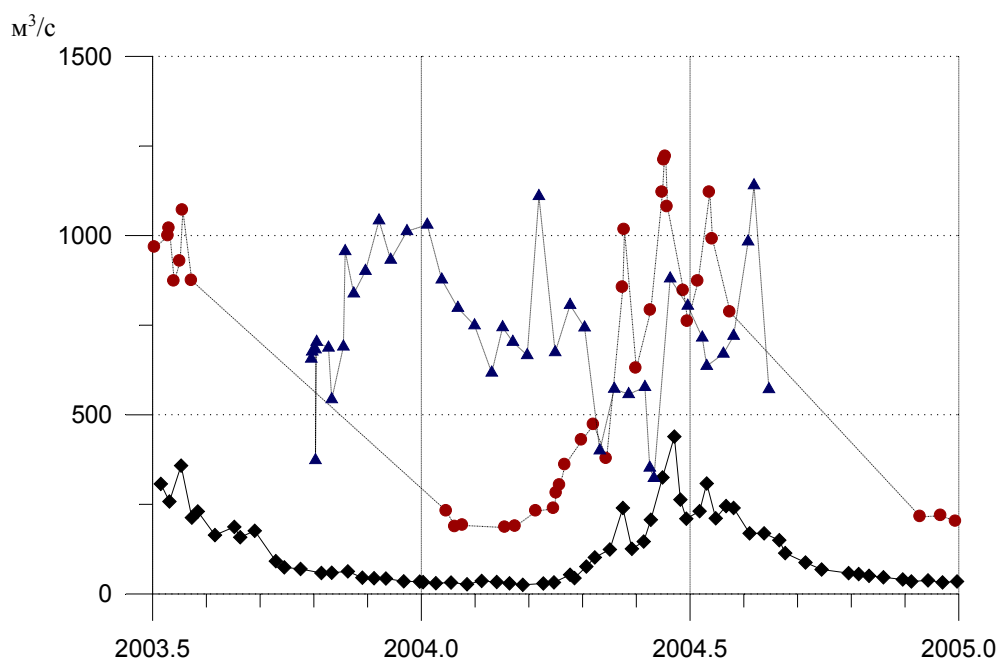
Точка отбора	1994, 1995, 2001 (май)		Атлас [28]		от 2000 до 2007 гг.	
	среднее (м ³ /с)	относительные			среднее (м ³ /с)	относительные
Kg-01 (Малый Нарын)	50	0,08	-	-	57±49	0,08
Kg-02 (Большой Нарын)	113	0,18	-	-	75±80	0,10
Kg-03 (Нарын, г. Нарын)	182	0,29	0,20		129±120 (♦)	0,18
Kg-04 (р. Ат-Баши)	33	0,05	0,07		-	-
Kg-07 (с. Уч-Терек)	470	0,75	-		581±364 (●)	0,79
Kg-10 (Шамалды-Сай)*	658	1,00	1,00		734±290 (▲)	1,00

Ниже, на рис. 4 (с 2000 по 2007 гг.) и 5 (с середины 2003 по 2005 гг.) представлены результаты по расходам реки Нарын в точках: Kg-03 (г. Нарын); Kg-07 (с. Уч-Терек); Kg-10 (пост Шамалды-Сай).



Река Нарын в точках отбора: ♦ – г. Нарын; ● – с. Уч-Терек; ▲ – пост Шамалды-Сай.

Рис. 4. Расход воды (м³/с)



Река Нарын в точках отбора: ◆ – г. Нарын; ● – с. Уч-Терек; ▲ – пост Шамалды-Сай.

Рис. 5. Фрагмент расхода воды (м³/с) с середины 2003 по 2005 гг.

К сожалению, в точке Кг-10 (Шамалды-Сай) не было получено достаточно полного набора значений по расходу воды до июля 2003 г. и после июля 2004 г., поэтому использовались только имеющиеся значения расходов. На основании полученной информации ниже представлены формулы зависимости расхода (м³/с) – Y от времени – X:

- ◆ – $Y = -5.10425 * X + 10356.6$ (1)
- – $Y = 23.846 * X - 47214.3$ (2)
- ▲ – $Y = -69.4758 * X + 139976$ (3)

Из формул 1–3 вытекает, что уровень воды в водохранилище должен повышаться, а на самом деле уровень падает, в чем причина?

Одна из причин описана в газете «ПРАВДА ВОСТОКА» от 11 марта 2005 г. [29]: «Первый зимний паводок случился 1993-м и казался невероятным: из Токтогульского водохранилища спускалась «летняя» вода. А потом зимние террасы в Ферганской долине. Топило речные террасы в Ферганской долине. Затем мощный поток прорезал Кайракумское водохранилище и мчал еще полсотни километров по таджикской земле. От Бекабада Дарья неслась сотню километров опять по Узбекистану, продолжая полнеть от бокового притока рек и речек. Дальше – граница, а впритык к ней – Чардаринское водохранилище и казахская территория до самого Арала. Зима 2005 года

отличалась от предшественниц заполненными водохранилищами и затяжными морозами...».

Вероятнее всего, что сброс воды осуществлялся до 2005 года, что привело к уменьшению уровня воды в Токтогульском водохранилище.

Полученные результаты приводят к следующим заключениям:

- Получена информация расходов рек Кичи-Нарын, Чон-Нарын и Нарын в районе г. Нарын, Уч-Терек и Шамалды-Сай за промежуток времени с 2000 по 2007 гг.**.
- Построены графики расходов реки Нарын в точках г. Нарын, Уч-Терек и Шамалды-Сай. С 2000 по 2007 гг. расходы воды в точке г. Нарын практически не изменялись, (зависимость 1), в точке Уч-Терек – расходы увеличились (зависимость 2), а в Шамалды-Сай – расходы уменьшились (зависимость 3)*.
- В точке Кг-03 (г. Нарын) наблюдались следующие значения расхода воды: среднее значение – 129 м³/с, минимальное – 22 м³/с и максимальное – 610 м³/с, т.е. расход воды изменялся в 28 раз. В точке Кг-07 (Уч-Терек): среднее значение – 581 м³/с, минимальное – 155 м³/с и максимальное – 1740 м³/с, т.е. расход воды изменялся соответственно в 11 раз. В точке Кг-10 (Шамалды-Сай): среднее значение – 720 м³/с, минимальное – 161 м³/с и максимальное –

1140 м³/с, т.е. расход воды изменялся в 7 раз. В течении реки Нарын относительные расходы воды нивелируются с удалением от истоков и благодаря дополнительному влиянию Токтогульского водохранилища.

- Средние квадратичные погрешности значений расходов в точках: г. Нарын – 93%; Уч-Терек – 63%; Шамалды-Сай – 40%.
- Количество результатов, полученных за весь период наблюдений: г. Нарын = 687, Уч-Терек = 157, Шамалды-Сай = 40*. Следует отметить, что расход воды в точках отбора меняется в течение суток в несколько раз, однако это не учитывалось при получении средних значений. Таким образом, статистика, полученная по разгрузке рек, недостаточна и результаты эксперимента носят не количественный, а качественный характер.
- Падение уровня воды на Токтогульском водохранилище, главным образом, обусловлено сбросом воды из него, а не уменьшением расходов воды основных рек бассейна реки Нарын.

* – результаты периодические с октября 2003 г. по август 2004 г.;

** – на основании результатов проекта МНТЦ: KR-1103 – «Создание действующей модели водного баланса и качества воды бассейна реки Сырдарья».

Литература:

1. Gleick, P. Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources Oxford University Press, New York, 1993.
2. Postel, S. Entering an era of water scarcity: The challenges ahead) Ecological Applications, 2000, 10(4) p. 941-948.
3. Micklin, P. Desiccation of the Aral Sea: A water management disaster in the Soviet Union. Science, 1988, 241 p. 1170-1176.
4. Micklin, P. The water management crisis in Soviet Central Asia. – 1991. The Carl Beck Papers in Russian and East European Studies, No. 905. University of Pittsburgh Center for Russian and East European Studies, Pittsburgh.
5. Глазовский Н.Ф., 1991. Идеи по избавлению от «Аральского кризиса». Журнал «Советская география», февраль, с. 73-89.
6. Tsukatani, T. The Aral Sea and socio-economic development. – 1998. I. Kobori and M.H. Glantz, editors. Central Eurasian water crisis: Caspian, Aral and Dead Seas. United Nations University Press, Tokyo.
7. Passell H., D. Barber, D. Betsill and oth. 2003. The Navruz Project: Transboundary monitoring for radionuclides and metals in Central Asian Rivers; data report. SAND Report 2003-1149. Sandia National Laboratories, Albuquerque, N.M., 87185.
8. Passell H., D. Barber, D. Betsill and oth. 2002. The Navruz Project: Transboundary monitoring for radionuclides and metals in Central Asian rivers; sampling and analysis plan and operational manual. SAND Report 2002-0484. Sandia National Laboratories, Albuquerque, N.M., 87185.
9. Vasiliev I., Alekhina V., Mamatibraimov S. and oth. Uranium Isotopes in the Naryn River water (Kyrgyz Republic). II Eurasian Conference on Nuclear Science and its application. Almaty, Republic of Kazakhstan, September, 16-19, 2002, 105-106
10. Vasiliev I., Orozobakov T., Alekhina V., Mamatibraimov S.. Artificial uranium in water of the Naryn and the Mailuu-Suu rivers (Kyrgyz Republic). II Eurasian Conference on Nuclear Science and its application. Almaty, Republic of Kazakhstan, September, 16-19, 2002, 15-16
11. Barber D., Yuldashev B., Kadyrzhanov K., D. and oth. Radioecological situation in the River Basing of Central Asia, Syrdaria and Amu-Daria: on the Results of the international Project "NAVRUZ". II Eurasian Conference on Nuclear Science and its application. Almaty, Republic of Kazakhstan, September, 16-19, 2002, 84-86.
12. Vasiliev I., Barber D., Alekhina V. and oth. Uranium levels in the Naryn and Mailuu-Suu rivers of Kyrgyz Republic. Methods and applications of radioanalytical chemistry – Marc VI, Kailua-Kona, USA April 7-11, 2003, 237.
13. Barber D., Betsill D., Mohagheghi A. and oth. The NAVRUZ experiment: Cooperative monitoring for radionuclides and metals in Central Asia transboundary rivers. Methods and applications of radioanalytical chemistry – Marc VI, Kailua-Kona, USA April 7-11, 2003, 238.
14. Vasiliev I., Alekhina V., Mamatibraimov S. and oth. Uranium and radium levels in the Mailuu-Suu river of Kyrgyz Republic. First International Workshop on Radiological Sciences and Applications (IWRSA) Albuquerque, New Mexico, USA. June 16-18, 2003.
15. Vasiliev I., Alekhina V., Mamatibraimov S. Alpha-activity ratio of ²³⁴U/²³⁸U as an indicator of the level of water contamination by the man-caused uranium. 11th International Conference 'Modern Trends in Activation Analysis' 20th-25th June 2004 University of Surrey Guildford UK. MO 53.
16. Vasiliev I., Alekhina V., Mamatibraimov S. and oth. Progress of the isotopic methods of studying the natural processes, and improvement of the nuclear-physical methods of analysis in Kyrgyzstan. 11th International Conference 'Modern Trends in Activation Analysis' 20th-25th June, 2004. University of Surrey, Guildford UK. MO 54.
17. Barber D., Yuldashev B., Howard H. and oth. Radiation monitoring of the Syr-Darya river (II). The third Eurasian conference "Nuclear science and its application" October 5-8, 2004 Tashkent, Uzbekistan. 192
18. Vasiliev I., Alekhina V., Mamatibraimov S. and oth. Radioactive parameters of water of the Syrdaria river basin in territory of the Kyrgyz Republic. The third Eurasian conference "Nuclear science and its application" October 5-8, 2004 Tashkent, Uzbekistan. 197.

19. Vasiliev I., Alekhina V., Orozobakov T. and oth. Isotope composition and uranium content in the rivers Naryn and Mailuu-Suu. "EURASIA nuclear bulletin". Journal of Turkish Atomic Energy authority (TAEK). 2002, 99-102.
20. Vasiliev I., Alekhina V., Orozobakov T. and oth. Uranium and Radium in the the Naryn and Mailuu-Suu rivers of the Kyrgyz Republic. "EURASIA nuclear bulletin". Journal of Turkish Atomic Energy authority (TAEK) № 2, 2003. 78-81
21. Barber D., Yuldashev B., Howard H. and oth. Radiation monitoring of Syr-Darya River. "EURASIA nuclear bulletin". Journal of Turkish Atomic Energy authority (TAEK) № 2, 2003. 82-87.
22. Vasiliev I., Barber D., Alekhina V. and oth. Uranium levels in the Naryn and Mailuu-Suu rivers of Kyrgyz Republic. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol. 263 No. 1 (2005). 207-212.
23. Barber D., Betsill D., Mohagheghi A. and oth. The NAVRUZ experiment: Cooperative monitoring for radionuclides and metals in Central Asia transboundary rivers. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol. 263 No. 1 (2005). 213-218.
24. Yuldashev B., Salikhbaev U., Kist A. and oth. Radioecological monitoring of transboundary rivers of the Central Asian Region. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol.263 No.1(2005).219-228.
25. Васильев И.А., Алехина В.М., Маматибраимов С. Радиоизотопные и другие параметры вод бассейна реки Нарын//Изв. НАН КР.– 2006.- № 2.– С.108-118.
26. Васильев И.А., Алехина В.М., Маматибраимов С. Основные результаты совместных международных исследований радиоактивного загрязнения рек Центральной Азии (Проекты «Навруз» и МНТЦ – KR-850 и KR-1103). Радиоэкологические и смежные проблемы уранового производства. Сборник научных работ. Ч. IV /Под ред. И.А. Васильева. – Бишкек: Илим, 2007. – С. 140-151.
27. Васильев И.А. Проекты «Навруз» и МНТЦ – KR-850 и KR-1103. Вода – главная ценность Кыргызстана. Автор идеи и составитель Т.О. Ормонбеков. Наука: время новых возможностей. 1995-2008. – Бишкек: Илим, 2008. – С. 116-120.
28. Атлас Киргизской Советской Социалистической Республики. Том первый. Природные условия и ресурсы // Главное управление геодезии и картографии при Совете Министерством СССР. – М., 1987.
29. Зимний паводок на Сырдарье // Правда Востока, 11 марта 2005. – С. 4.

Рецензент: д.ф-м.н., профессор Каримов К.А.