

УДК 627.8:550.835:551.482(575.2)

# ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗОТОПОВ УРАНА В ВОДАХ ТОКТОГУЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т.В. Тузова

Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР, e-mail: [tv\\_tuzova@mail.ru](mailto:tv_tuzova@mail.ru)

На основе результатов изучения содержания урана и соотношения его четных изотопов рассчитаны пропорции смешения вод различного генезиса, ответственные за питание рек Токтогульского водохранилища. Установлено постоянство соотношения изотопов урана в водах самого водохранилища, которое может быть использовано в качестве естественного индикатора при оценке загрязнения вод бассейна р.Нарын нижележащими урановыми хвостохранилищами.

Воды бассейна р. Нарын на содержание и изотопный состав урана изучались ранее сотрудниками Радиометрической лаборатории Института физики НАН КР [1, 2] в связи с возможностью их загрязнения хвостохранилищами отработанных урановых месторождений [3, 4]. В отличие от авторов [3, 4], считающих, что бассейн р. Нарын радиологически крайне неблагополучен, авторы [1, 2] приводят убедительные доказательства отсутствия радиологического заражения вод р. Нарын до и после Токтогульского водохранилища (далее вдхр) в настоящее время.

Систематическое изучение поверхностных и подземных вод бассейна Токтогульского вдхр изотопными методами никем не проводилось. Имеются довольно противоречивые данные авторов [1,2] об эпизодическом опробовании в 2003-2006 гг. вод бассейна р. Нарын выше и ниже водохранилища на изотопный состав ( $\gamma = {}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$ ) и общее содержание урана (С,  $10^{-6}$  г/л), которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Изотопный состав урана в поверхностных водах бассейна р. Нарын по данным [1, 2].

Название рек	Зима 2003 г.		Весна 2004 г.		Осень 2004 г.		Осень 2006 г.	
	$\gamma$	С	$\gamma$	С	$\gamma$	С	$\gamma$	С
Кичи-Нарын	1,52±0,05	1,2	1,53±0,03	3,9	1,46±0,01	7,9		
Чон-Нарын	1,53±0,05	0,9	1,47±0,02	3,3	1,47±0,01	6,0		
Нарын перед г. Нарын	1,86±0,05	0,5	1,56±0,03	2,8	1,50±0,02	6,2	1,49±0,02	4,8
Атбаши	1,69±0,05	0,8	1,53±0,02	2,6	1,49±0,03	3,3		
Нарын после р. Атбаши	1,61±0,05	0,8	1,65±0,02	3,3	1,57±0,04	5,1		
Чичкан	1,27±0,03	1,3	1,28±0,02	4,0				
Нарын перед Токтогульским вдхр	1,70±0,02	1,9	1,62±0,02	5,7				
Токтогульское вдхр.	1,86±0,02	1,0	1,59±0,02	3,8			1,76±0,02	9,4
Нарын после вдхр	1,77 ±0,02	1,0	1,56±0,02	3,5				

Эти данные нуждаются в подтверждении, что и являлось одной из задач данной работы. В 2007-2008 гг. в рамках проекта МНТЦ КР-1430 [5, 6], были отобраны пробы вод на изотопный состав и содержание урана из Токтогульского вдхр и 17 источников бассейна, включая 10 рек, 5 родников и 2 скважины. Из этих проб в полевых условиях уран концентрировался на активированном угле из объемов 10-20 л воды с добавлением трассера  ${}^{232}\text{U}$ , а в лабораторных условиях сотрудниками Радиометрической лаборатории Института физики НАН КР проводилась его радиохимическая очистка, электроосаждение на металлические диски и определение содержания урана С (мкг/л) и соотношения изотопов  $\gamma = {}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U}$  в единицах активности по методикам, описанным ранее [5-8] (табл. 2-5).

Среди опробованных источников подземных вод Токтогульского бассейна по неравновесному урану можно выделить три генетических типа вод:

I – метеорные воды атмосферных осадков, циркулирующие в породах, обогащенных ураном. Эти воды отличаются максимальным общим содержанием урана ( $10^{-5}$  г/л) и почти равновесным соотношением его четных изотопов  $\gamma = 1,05 - 1,10$ . Они представлены в табл.2 пробами 98, 99, 105.

II – метеорные воды четвертичных отложений зоны активного водообмена со средними значениями изотопных сдвигов  $\gamma = 1,3 - 1,5$  при содержании урана  $(1 - 3) \times 10^{-6}$  г/л. К этой группе относятся пробы 100, 1608.

III – воды глубокой циркуляции в породах гидрогеологических массивов с максимальными изотопными сдвигами  $\gamma = 2,0 - 2,5$  и различным содержанием урана  $C = 10^{-6} - 10^{-5}$  г/л – пробы 1508, 1307

Таблица 2

Изотопный состав и содержание урана в подземных водах Токтогульского бассейна

Шифр проб	Координаты	Местонахождение	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$C_{\text{U}}, 10^{-6}$ г/л	Доля генетических составляющих стока, %		
					I	II	III
98	41°41,46 72°56,49	Родник южнее вдхр западнее трассы Ош-Бишкек	1,10±0,01	16,0±0,8	90±10	<5	<5
99	41°42,47 72°55,50	Родник южнее пробы 98	1,00±0,01	18,8±0,9	90±10	<5	<5
100	41°43,81 72°50,73	Родник севернее пробы 98	1,34±0,03	3,0±0,1	9±5	88±10	<4
101	41°44,28 72°55,95	Родник северо-восточнее пробы 98	1,29±0,01	34±2	90±10	<5	<5
104	41°46,97' 73°16,47'	Село Кара-Джыгач, самоток родников в резервуар	2,43±0,02	6,0±0,3			100
1307	41°47'33" 73°16'56"	Село Кара-Джыгач, каптированные родники	2,55±0,03	5,2±0,3			100
105	41°51,58' 72°58,93'	Родник в селе Каратектер, разгрузка вод на контакте Q1 и N	1,10±0,01	24±1	100		
106-	41°53'71" 72°54'36"	Родник Балачичкан, село Жаныжол	1,36±0,04	1,8±0,1	<7	<90	<3
107-	41°53,50' 72°38,95'	Скважина в селе Чон-Арык	1,48±0,02	3,6±0,2	<3	78±8	22±5
1407	41°53'30" 72°38'56"	Скважина в селе Чон-Арык	2,13±0,02	3,4±0,2	<2	55±8	43±5
1007		Скважина в селе Кетерме	1,57±0,01	13,9±0,7			
1508	41°51'12" 73°04'52"	Скважина в селе Кетерме у школы	2,26±0,03	15,2±0,8			100
1608	41°50'05" 73°08'57"	Родник южнее с.Торкент	1,50±0,01	1,10±0,05		100	

В табл.2 приведены результаты оценки по соотношению изотопов урана [8] доли вод этих трех типов в питании остальных опробованных подземных источников Токтогульского бассейна, а в табл.3 – в питании рек, впадающих в Токтогульское вдхр.

Как видно из табл.3, питание рек Токтогульского бассейна осуществляется в основном (до 70-90% при погрешностях не более 10%) за счет метеорных вод, погружающихся в четвертичные отложения зоны активного водообмена данного региона. Исключение составляют лишь воды р. Сарагата (юго-восточная часть бассейна), источником которых до 70% служат воды гидрогеологического массива и около 30% – атмосферные осадки, циркулирующие в обогащенных ураном породах.

Таблица 3

Изотопный состав и содержание урана в поверхностных водах Токтогульского бассейна

Название рек	Координаты	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{C}_\text{U} \cdot 10^{-6}$ г/л	Доля генетических составляющих стока, %		
				I	II	III
Чичкан перед впадением Бала-Чичкан	41°56,31' 72°52,93'	1,28±0,02	4,0±0,2	11±5	85±10	<5
Чичкан после впадения Бала-Чичкан	41°53'04,8 72°54'07,1	1,46±0,01	3,7±0,2	9±5	80±10	13±5
Бала-Чичкан	41°53,71 72°54,36	1,36±0,04	1,8±0,1	<5	96±6	<1
Торкент	41° 50, 32' 73° 09,60'	1,45±0,02	4,6±0,2	12±5	73±10	17±5
Узун-Ахмат	41° 52,70' 72°40,52'	1,44±0,03	1,9±0,4	<5	99±6	<1
Кара-Суу	41°37,83'' 72°39,30'	1,36±0,02	2,1±0,7	<9	92±10	<1
Саргата	41° 45, 90' 72° 12,49'	1,74±0,02	9,4±0,5	27±5	<3	70 ±10

В табл. 4 сведены результаты определений изотопного состава и содержания урана в водах Токтогульского водохранилища при опробовании вод в разные сезоны – октябрь 2007 г. и апрель 2008 г. Как видно из табл.4, за пределы трехкратной ошибки отдельных измерений  $\gamma$  выходит лишь одна проба  $\gamma=1,60$  при среднем значении  $1,51\pm0,02$ . Постоянство величин  $\gamma$  в разные сезоны года говорит не только о хорошей перемешиваемости вод по всей акватории и глубине водохранилища, но и о том, что его питание происходит за счет одного источника, которым являются поверхностные воды р. Нарын (табл. 5). Доля остальных источников не превышает 10 % при такой же погрешности уран-изотопных расчетов.

Таблица 4.

Изотопный состав и содержание урана в водах акватории Токтогульского водохранилища

Шифр проб	Глубина отбора проб, м	Координаты		$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{C}_\text{U} \cdot 10^{-6}$ г/л
T-01-2007	70	41°48'31.4''	72°52'16.0''	1,49±0.02	1,8±0.1
T-02-2007	С поверхности	41°48'35.9''	72°52'56.1''	1,51±0.02	1,8±0.1
T-03-2007	То же	41°48'35.9''	72°52'56.1''	1,55±0.02	1,8±0.1
6T	То же			1,52±0,08	
T-04-2007	То же	41°46'44.8''	72°55'55.7''	1,45±0.02	1,9±0.1
	То же	41°47'44.8''	73°09'40.7''	1,53±0,02	3,4 ±0,2
	То же	41°44'54.8''	72°54'59.1''	1,60±0,02	3,8 ±0,2
102	Токтогульская ГЭС, верхний бьеф	41°39,45'	72°38,09'	1,47±0,02	2,0±0,1
103	Токтогульская ГЭС, нижний бьеф	41°39,45'	72°38,09'	1,52±0,02	2,0±0,1
T-16	12	41°49'36.3''	72°52'59.1''	1,48±0.01	1,0±0.1
T-17	0	41°50'10.2''	72°51'54.2''	1,50±0,02	1,8±0.1
T-22(0)	0	41°47'50.1''	72°50'21.5''	1,48±0.01	1,05±0.05
T-22	71	41°47'50.1''	72°50'21.5''	1,52±0.03	1,03±0.05
T-25	67	41°46'45.2''	72°47'33.2''	1,55±0.02	0,91±0.04
T-28	17	41°49'09.5''	72°50'21.5''	1,48±0.02	0,73±0.04
			Среднее	1,51±0,02	0.7 – 4.0

Для определения источников питания самой р. Нарын необходима постановка специальных исследований с опробованием на изотопный состав вод притоков в верхней части бассейна р. Нарын.

Таблица 5.

Изотопный состав урана в водах р. Нарын.

Время отбора	Местонахождение точки отбора	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{C}_{\text{U}} \cdot 10^{-6} \text{ г/л}$
11.2007	р. Нарын перед Токтогульским водохранилищем, гидропост Уч-Терек	$1,62 \pm 0,02$	$5,7 \pm 0,3$
04.2008	р. Нарын ниже Токтогульского водохранилища	$1,60 \pm 0,08$	
	Тоже	$1,57 \pm 0,07$	
	Среднее	$1,60 \pm 0,02$	

Таким образом, на основе результатов уран-изотопных исследований показано, что воды рек Токтогульского бассейна формируются в основном за счет метеорных вод, погруженных в четвертичные отложения зоны активного водообмена.

Воды Токтогульского вдхр, питаемого в основном рекой Нарын, отличаются постоянством изотопного соотношения четных изотопов урана, которое может быть использовано в качестве оценки загрязнения бассейна р.Нарын-Сыр-Дарья водами нижележащих хвостохранилищ.

### Литература

1. Орозобаков Т.О, Васильев И.А, Алехина В.М, Маматибраимов С. Радиационная опасность Майлуу-Суу. Миф или реальность?// Изв. НАН КР, 2007а, №2, с.62-68; 2006, №2, с. 108-118.
2. Орозобаков Т.О, Васильев И.А, Алехина В.М. Об использовании формул изотопного разбавления для определения расходов поверхностных водотоков// Изв. НАН КР, 2007, №3, с.27-29.
3. Айтматов И.Т., Торгоев И.А., Алешин Ю.Г. Геоэкологические последствия добычи и переработки урановых руд на юге Кыргызстана //Эхо науки, 1988, №4, с.21-29.
4. Нарметов Э.Н., Гольдштейн Р.И. Проблемы экологической напряженности в Ферганской долине // Международный фонд экологии и здоровья «Экосон»// Международный семинар ОБСЕ «Содействие устойчивому развитию окружающей среды в бассейне Аральского моря». - Ташкент,1996, с.23-28.
5. Маматканов Д., Тузова Т.В. Изотопы урана в водах Токтогульского водохранилища.// Изучение факторов формирования и оценка влияния водохранилищ Нижне- Нарын- ского каскада ГЭС на качество водных ресурсов бассейна реки Нарын изотопными методами, Бишкек, еждународный научно-технический центр, НАН КР, ИВПиГЭ, часть1, с.104-109, часть 2, с.101-107.
6. Алехина В.М., Васильев И.А. Изотопный состав урана и физико-химические параметры природных вод в районе Токтогульского водохранилища.// Там же, часть1, с.87-103, часть2, с. 85-100.
7. Чалов П.И. Неравновесный уран как индикатор процессов в гидросфере. – Водные ресурсы. 1982, №5, с.24-38.
8. Tuzova T.V. Investigations of Waters of the Issyk-Kyl Basin with the Use of Uranium Isotopic Method. // Study of the Issyk-Kyl Lake Hydrodynamics with the Use of Isotopic Methods. PartII. Institute of water problems and hydropower, NAS KR:ISTC.- Bishkek: Ilim,2006. p. 102-108.

### ТОКТОГУЛЬ СУ ҚОЙМАСЫ СУЫНДАҒЫ УРАН ИЗОТОПТАРЫНЫҢ ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Т.В. Тузова

Уран құрамын және оның жұпты изотоптарының қатынасы негізіндегі нәтижелерді зерттей келіп Токтогуль су қоймасының өзен қуаттылығына жасапты, әр түрлі генезисті су пропорциясын араластыру есептелген.

## URANIUM-ISOTOPS ON WATERS OF THE TOKTOGULSKY RESERVOIR

**T.V. Tuzova**

*Proportions of water mix of different genesis influencing feeding of rivers of the Toktogulsky reservoir were calculated basing on the results of study of uranium content and ratio of its even isotopes. Constancy of ratio of uranium isotopes in the waters of the Toktogulsky reservoir was shown, which can be used as a natural indicator during assessment of pollution of waters of the Naryn River basin by lower uranium tailing dumps*