

Маматканов Д., Кобулиев З.В., Тузова Т.В., Шатравин В.И., Уралбеков Б.М.
ОПЫТ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО УТОЧНЕНИЮ ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ И РАДИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСГРАНИЧНЫХ
РЕЧНЫХ БАСЕЙНОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА
С ПОМОЩЬЮ ИЗОТОПНЫХ МЕТОДОВ

Маматканов Д., Кобулиев З.В., Тузова Т.В., Шатравин В.И., Уралбеков Б.М.
КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮҮ ШАРТЫНДА СУУ РЕСУРСТАРДЫН
ЖАНА ТРАНСЧЕКАРАЛЫК ДАРЫЯ БАСЕЙНДЕРДИН РАДИОЛОГИЯЛЫК
АБАЛЫН ИЗОТОПТУК ЫКМА МЕНЕН ТАКТОО БОЮНЧА ЭЛ АРАЛЫК
КЫЗМАТТАШТЫК ТАЖРЫЙБА

D. Mamatkanov, Z.V. Kobuliev, T.V. Tuzova, V.I. Shatravin, B.M. Uralbekov

EXPERIENCE OF INTERNATIONAL COOPERATION ON CLARIFICATION OF THE
WATER RESOURCES AND RADIOLOGICAL STATE OF TRANS-BOARDER RIVER
BASINS IN CONDITIONS OF CHANGING CLIMATE BY USING ISOTOPIC METHODS

УДК: 33.17-556.42/1

На примере бассейнов рек Чу, Сары-Джаз (Северный Тянь-Шань), Пяндж, Кызылсу (Памиро-Алай) и ледников этих бассейнов показаны возможности использования соотношения четных изотопов урана в водах как естественного индикатора для определения генезиса поверхностных и подземных вод, прогнозирования прорывов высокогорных озер, оценки ледовой составляющей речного стока, уточнения распределения водных ресурсов, контроля радиологического загрязнения горных рек.

Ключевые слова: изотопный метод, водные ресурсы, горные реки.

For example the basins of rivers Chu, Sary-Dzhas (Chu-North Tien Shan), Pjandzh, Kyzyl-Suu (Pamir-Alai) and their glaciers demonstrated the possibilities of using the ratio of even uranium isotopes as a natural indicator for determining the genesis of surface-and-groundwater, forecasting outbreaks of high mountain lakes, assessment of ice components in stream runoff, clarification of the distribution of water resources and control over radiological pollution of mountain rivers.

Key words: isotopic technique, water resources, mountain rivers.

Введение. Водные и гидроэнергетические ресурсы трансграничных рек являются предметом межгосударственных споров и серьезных разногласий в связи с растущими потребностями на воду. Изменения климата и деградация горного оледенения неизбежно приведут к острому дефициту водных ресурсов, что обострит противоречия между государствами, использующими трансграничные воды.

Поэтому возникла необходимость уточнения водных ресурсов трансграничных горных речных бассейнов Центральной Азии (ЦА). Такими являются бассейны рек Чу – трансграничной между Кыргызской Республикой (КР) и Республикой Казахстан (РК), Сарыджаз – между КР и Китайской Народной Республикой, Кызыл-Суу – между КР и Республикой Таджикистан (РТ). Области формирования стока этих рек находятся на территориях КР и РТ, а водные ресурсы используются в основном соседними странами. В бассейнах указанных рек крайне недостаточная сеть гидрометрических наблюдений, существующие гидропосты оснащены устаревшим оборудо-

ванием, не позволяющим получать надежную информацию о водных ресурсах рек и их изменениях в условиях изменяющегося климата.

Методика исследований. Нами показана перспективность использования уран-изотопного метода при выяснении генетических составляющих стока и уточнении водных ресурсов малоизученных горных рек [1-10].

Установлено [6,7], что воды атмосферных осадков характеризуются ультранизким содержанием урана $C = (1 - 6) \cdot 10^{-7}$ г/л и равновесным соотношением его изотопов $\gamma = {}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U} = 1,02 \pm 0,02$.

Талые воды погребенных льдов отличаются более высоким содержанием урана $C = (2 - 30) \cdot 10^{-6}$ г/л и неравновесным соотношением γ за счет преимущественного выщелачивания наиболее подвижного дочернего изотопа ${}^{234}\text{U}$ из моренных отложений; γ во льдах морен отклоняется от равновесия до 15-20%.

В талых водах ледников содержание урана больше чем в атмосферных осадках, но меньше чем в погребенных льдах, а γ в них незначительно отклоняется от равновесного.

Вода в морено-ледниковых озерах по значениям C и γ отличается от талых вод ледников и атмосферных осадков тем больше, чем больше в питании озера доля погребенных льдов, слагающих борта и днища озерных ванн и тоннелей каналов стока, что может свидетельствовать о нестабильности озера и повышении вероятности его прорыва.

Чем выше общее содержание урана в озерных водах и чем больше отношение ${}^{234}\text{U} / {}^{238}\text{U}$ в них отличается от равновесного, тем «старше» озеро в своем развитии и тем вероятнее возможность его прорыва. Так, по изотопному составу урана установлено, что на Северном Тянь-Шане наиболее прорывоопасными озерами являются нестационарные озера Тезтор в бассейне р. Ала-Арча

($C = 6 - 28) \cdot 10^{-6}$ г/л; $\gamma = 0,90 - 0,93$) и Атджайлоо в бассейне р. Кегеты. ($C = 1,69 \pm 0,05) \cdot 10^{-6}$ г/л; $\gamma = 0,89 \pm 0,01$). Озера Тезтор прорывались уже

несколько раз после 1991 г., последний прорыв был в 2012 г. Оз. Атждайлоо прорвалось в 1997 г. и сейчас находится на прорывоопасной стадии развития [7].

Воды горных рек формируются в основном за счет атмосферных осадков, тающих льдов и подземных вод. Изотопный состав урана в последних зависит от водовмещающих пород, является надежной естественной меткой вод региона, оставаясь постоянным в течение десятилетий при неизменной гидрологической обстановке, но может заметно отличаться для вод разных мест. Это позволяет по изотопному составу урана оценивать долю каждой генетической составляющей речного стока и изучать его относительное распределение по всему речному бассейну [2-5].

Наличие в бассейне хотя бы одного надежного гидрологического поста дает возможность на период изотопного опробования рассчитать основные элементы водного баланса бассейна. Это показано нами ранее на примере бассейнов рек Чу, Сары-Джаз (Северный Тянь-Шань) [2,3], Пяндж [4,5], Кызылсу (Памиро-Алай) [9].

Результаты исследований последних лет следующие.

Для бассейна р.Чу [9,10], рис.1, табл 1:

- рассчитана согласующаяся с гидрологическими данными доля стока р.Чон-Кемин в балансе бассейна ($25 \pm 5\%$);

- показана стабильность отношения $^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}$ в течение последнего полувека при отсутствии заметной приточности на участках: Быстровка – Токмак ($\gamma = 1,51 \pm 0,01$); Кен - Булунь – Карасу ($\gamma = 1,31 \pm 0,04$); район Тасоткельского водохранилища ($\gamma = 1,30 \pm 0,01$);

- оценена доля подземной приточности с южных склонов Кыргызского хребта от г. Токмок до г.Кордай (не более 50%) и за счет выклинивания обогащенных ураном вод подземных вод в районе Тасоткельского водохранилища (50-60 %);

- обнаружено обогащение ураном поверхностных вод вдоль по течению за счет подземных вод до опасных концентраций в нижней части бассейна в районе урановой аномалии.

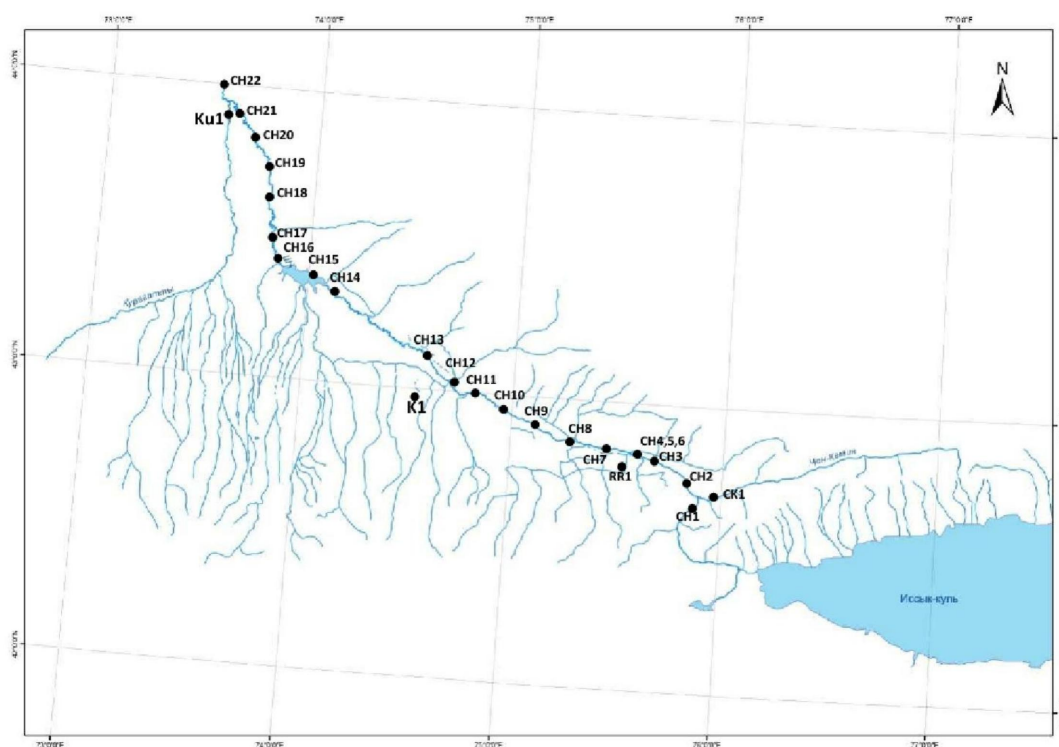


Рис. 1. Схема опробования вод бассейна р.Чу в 2009-2011 гг.

Таблица 1. Изотопы урана в водах бассейна р.Чу

Места отбора проб	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	U, мкг/л
Р. Чон-Кемин	$1,32 \pm 0,02$	$4,0 \pm 0,5$
Р.Чу перед впадением р.Чон-Кемин	$1,56 \pm 0,01$	$9,3 \pm 0,8$
Р.Чу после впадения р.Чон-Кемин	$1,52 \pm 0,01$	$7,5 \pm 0,5$
Р.Чу перед вост. гидрораспределителем БЧК	$1,51 \pm 0,02$	$7,6 \pm 0,6$
Начало выклинивания вод р.Чу южн. г.Токмок	$1,51 \pm 0,01$	$8,0 \pm 0,4$
Красная речка перед впадением в р.Чу	$1,51 \pm 0,01$	$8,3 \pm 0,5$
Среднее на участке от р. Чон-Кемин до г.Токмок	$1,512 \pm 0,008$	$7,9 \pm 0,3$

Р.Чу южнее г. Токмок	1,56±0,03	9,2±1,0
Р.Чу, с. Аукатты	1,47±0,03	9,2±1,1
Р.Чу, перед погранпостом Кен-Булуь	1,59±0,03	9,6±1,1
<i>Среднее на участке до погранпоста Кен-Булуь</i>	<i>1,54±0,02</i>	<i>9,3±0,7</i>
Р.Чу у погранпоста Кен-Булуь	1,46±0,01	8,0±0,5
Подземный поток с восточной части Кыргызского хр. [31,32]	2,0± 0,1	10±1
Р.Чу перед устьем р.Норус	1,39±0,02	11,7±0,8
Норусский подземный поток по	1,11±0,01	15±1,0
Р.Чу южнее с. Милянфан	1,33±0,02	13,6±0,7
Р.Чу южнее с. Милянфан	1,33±0,05	14,5±1,8
<i>Среднее для р. Чу южнее с.Милянфан за 2009-2011гг. [176-180]</i>	<i>1,33±0,01</i>	<i>14,0±0,6</i>
Р.Чу, с. Кордай	1,31±0,05	17±2
Р.Чу, с. Касык	1,22±0,09	19±4
Р.Чу, п. Карасу	1,41±0,03	15±2
<i>Среднее на участке от с.Милянфан до с.Карасу</i>	<i>1,31±0,04</i>	<i>16±1</i>
Р.Чу, п.Камышановка	1,19±0,05	44±7
Р.Чу до впадения в Тасоткельское водохранилище	1,28±0,03	21±1
Шурф у п. Камышановка	1,13±0,03	66±7
Тасоткельское вдхр	1,28±0,03	15±1
Плотина Тасоткельского вдхр	1,30±0,03	19±1
Канал после плотины Тасоткельского вдхр	1,31±0,03	19±1
Р.Чу, после плотины Тасоткельского вдхр	1,30±0,03	20±1
Р.Чу, с. Новый Путь	1,29±0,03	20±1
Р.Чу, после плотины Тасоткельского вдхр	1,30±0,02	26±2
<i>Среднее в пов-х водах в р-не Тасоткельского вдхр</i>	<i>1,30±0,01</i>	<i>20±2</i>
Р.Чу, у с. Кенес	1,37±0,02	28±1
Артезианская скважина, с. Кенес	1,36±0,02	84±4
Р.Чу перед впадением притока Курагатты	1,39±0,03	40±3
Приток р. Курагатты	1,40±0,04	22±4
Р.Чу, после впадения притока Курагатты	1,14±0,03	38±2

В бассейне р. Кызыл-Суу (Памиро-Алай) в настоящее время нет ни одного надежного гидропоста. Для региона остается неизученным вопрос о генезисе отдельных составляющих водного баланса бассейна реки, в частности, о долях современного ледникового и подземного стока. Здесь в 2012-14 гг. были отобраны на изотопный состав урана пробы воды в основных трех местах формирования стока - в ее ледниково-родниковых истоках, а также в верхнем и среднем течении при впадении крупных притоков. На рис.2 приведены места отбора проб воды, по которым определен изотопный состав урана, а в табл. 2 - результаты анализов с оценкой долей стока на разных участках бассейна по формулам изотопного смешения [2-5] с учетом уран-изотопной диаграммы (рис. 3).



Рис. 2. Схема уран-изотопного опробования вод бассейна р.Кызыл-Суу

Таблица 2. Изотопы урана в водах бассейна р.Кызыл-Суу

Место опробования с шифром про на рис.2	γ	C, мкг/л	γ C, мкг/л	Доля стока, %
1 - Родник в истоке р.Кызыл-Суу	$1,7 \pm 0,2$	0,56	0,90	
2 - Р. Кызыл-Суу, верховья	$2,7 \pm 0,1$	1,37	3,70	25 ± 15
3 - Родник в истоке р.Кызыл-Суу	$1,7 \pm 0,2$	0,81	1,38	10 ± 5
4 - Р. Кызыл-Суу, ниже родников 1,3	$2,2 \pm 0,2$	1,21	2,66	35 ± 15
5 - Р.Ачик-Таш, устье	$1,2 \pm 0,2$	1,05	1,26	15 ± 5
6 - Р. Кызыл-Суу при впадении р.Сары-Могол	$1,5 \pm 0,2$	1,05	1,58	
7 - Р. Кызыл-Суу после впадения рек Сары-Могол и Ачик-Таш	$2,0 \pm 0,1$	1,37	2,74	
9 - Р. Кызыл-Суу перед впадением р.Алтын-Дара Среднее для проб 7 и 8	$1,9 \pm 0,5$	0,73	1,39	50 ± 20
8 - Р.Алтын-Дара, устье	$1,4 \pm 0,3$	1,70	2,38	50 ± 20
10 - Р. Кызыл-Суу после впадения р.Алтын-Дара	$1,8 \pm 0,2$	1,37	2,47	100
11 - Р.Кок-Суу, устье	$1,1 \pm 0,1$	2,67	2,94	

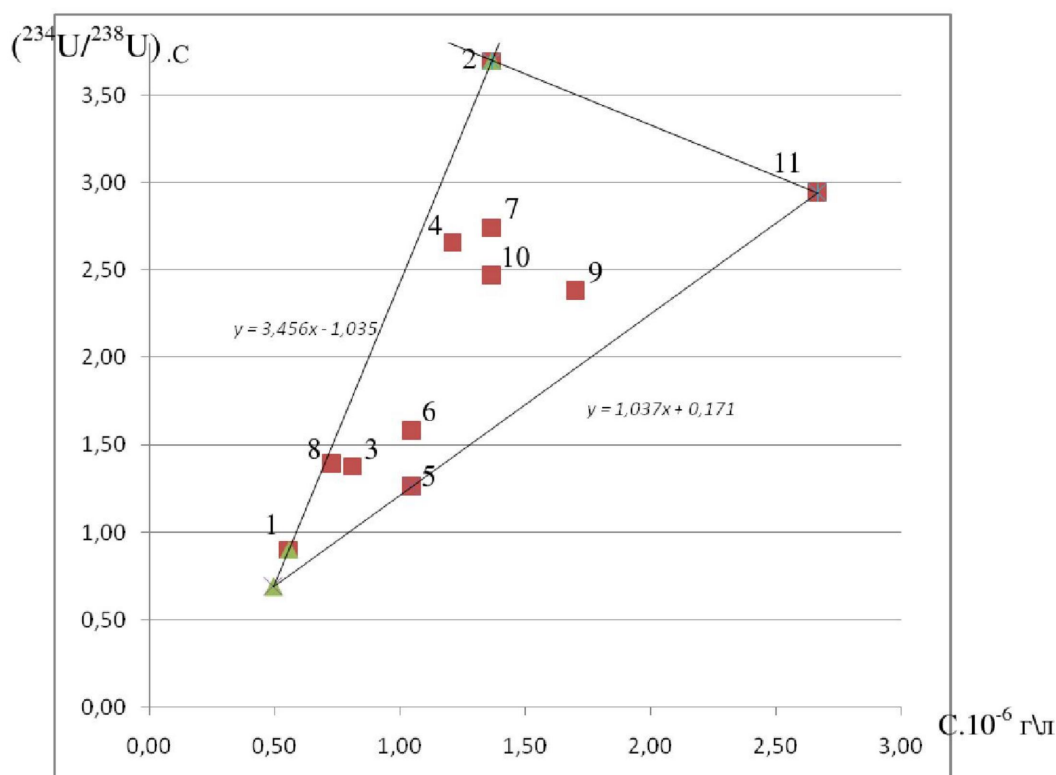


Рис. 3. Уран-изотопная диаграмма вод бассейна р. Кызыл-Суу

В таблице 3 приведены результаты оценки доли основных генетических составляющих стока в водах исследованной части бассейна:

1 — ледниковых вод с минимальным содержанием урана (не более $0,5-0,6 \cdot 10^{-6} \text{ г/л}$) и равновесным соотношением его четных изотопов (представлены пробами 1,3,8); 2 — вод коренных пород с максимальными изотопными сдвигами ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 2,7$ — проба 2); 3 — вод, циркулирующих в зоне активного водообмена в разрушенных отложениях верхнего четвертичного горизонта с равновесным соотношением изотопов урана и повышенным его общим содержанием ($2,7 \cdot 10^{-6} \text{ г/л}$ — проба 11). Опробованные источники представляют собой смесь этих трех типов вод в разных пропорциях.

Таблица 3. Генетические составляющие стока в бассейне р. Кызыл-Суу

Номер проб	Водоисточник	1 Ледниковые воды $\gamma_1 = 1,3 \pm 0,3$ $C_1 = 0,6 \cdot 10^{-6}$ г/л	2 Воды коренных пород $\gamma_2 = 2,7 \pm 0,1$ $C_2 = 1,3 \cdot 10^{-6}$ г/л	3 Воды активного водообмена $\gamma_3 = 1,1 \pm 0,1$ $C_3 = 2,7 \cdot 10^{-6}$ г/л
2	Исток р.Кызыл-Суу		100	
1,3	Родники в верховьях р.Кызыл-Суу	85	15	
4	р.Кызыл-Суу ниже родников 1,3			
5	Р.Ачик-Таш	80		20
6	р.Кызыл-Суу при впадении р.Сыры-Могол	60	20	20
7,8	р.Кызыл-Суу перед впадением р.Алтын-Дара	60	35	5
9	Р.Алтын-Дара	30	25	40
10	р.Кызыл-Суу после впадения р.Алтын-Дара	40	35	25
11	Р.Кок-Суу			100

Выводы и рекомендации. На основе полученных результатов можно сделать вывод, что уран-изотопный метод применим для изучения генезиса вод горных речных бассейнов, для оценки их доли в формировании речного стока, уточнения пропорций смешения вод основных притоков, оценки радиологической обстановки речных бассейнов.

Для бассейна р.Кызыл-Суу данные по соотношению изотопов урана являются первыми и предварительными. Они требуют продолжения исследований с детальным уран-изотопным опробованием вод всех притоков, поверхностных и подземных. Это позволит оценить приточность в любой части бассейна и его годовой сток, если опираться на гидрометрические измерения хотя бы одного гидропоста в бассейне.

Уран-изотопный метод является довольно трудоемким как по отбору проб в труднодоступных горных районах, так и в его аналитической части, требующей радиохимической очистки изотопов урана от мешающих элементов и прецизионных измерений изотопного состава на альфа- или масс-спектрометрах. Вселяет надежду на широкое внедрение метода международное сотрудничество между разработчиками метода из Кыргызстана, таджикскими исследователями, помогающими в организации полевых работ, и аналитиками Кафедры радиационной экологии КазНУ, имеющими современное радиохимическое оснащение.

Литература:

1. Чалов П.И., Тузова Т.В., Тихонов А.И. Проверка реальности исходных предпосылок использования неравновесного урана для решения гидрогеологических задач. Доклады АН СССР, 1978, т.242, № 6, с. 1296-1298.
2. Чалов П.И., Тузова Т.В. Уран-изотопный метод изучения распределения стока речных бассейнов // Мелиорация и водное хозяйство, М.: Агропромиздат, 1990, №2, с. 44-46.
3. Тузова Т.В., Филин К.С. Оценка доли подземной составляющей стока малых горных рек уран-изотопным методом. // Водные ресурсы, №2, 1990, с. 72-75.
4. Тузова Т.В., Новиков В.Н. Уран-изотопные особенности формирования стока р.Пяндж // Водные ресурсы, №1, 1991, с.88-95.
5. Тузова Т.В., Прохоренко С.И., Филин К.С. Распределение стока бассейна р.Гунт по уран-изотопным данным // Водные ресурсы, №3, 1992, с. 157-162.
6. Тузова Т.В., Романов В.В., Власова Л.В., Ерохин С.А., Жердев А.А., Шатравин В.И. Уран и тритий в ледниковых озерах Северного Тянь-Шаня // Водные ресурсы, 1994, т.21, №2. – с. 236-239.
7. Маматканов Д., Тузова Т.В., Ерохин С.А. Оценка риска прорыва горных озер с использованием уран-изотопного метода, Материалы Международной конференции «Проблемы радиоэкологии управления отходами уранового производства в Центральной Азии». Бишкек - Иссык-Куль «Аврора», 6-9 июня 2011 г. - с.88-92.
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. Part II. Institute of water problems and hydropower, NAS KR:ISTC.- Bishkek: Ilim, 2006, pp. 102-108.
9. Маматканов Д., Тузова Т.В. Evaluation of Water Balance Components and Ecological Condition of poorly studied Transboundary River Basins by Isotope Methods - AASSA Regional Workshop "Sustainable development of Asian countries, water resources and biodiversity under climate change", August 19-22, 2013, Barnaul, Russia, с.146-158.
10. Uralbekov B., Burkitbaev M., Satybaldiev B., Matveeva I., Tuzova T., Snow D. Spatial and temporal variability of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratios in the Shu Piver, Central Asia // Environmental Earth Sciences, No 4, April 2014, pp. 3635-3642.

Рецензент: д.геол.-мин., профессор Усупаев Ш.Э.