

*Тузова Т.В., Загинаев В.В., Шатравин В.И., Ваткинс Д.,
Матвеева И.В., Саидов С.М.*

ТЯН-ШАНДЫН ЖАНА ПАМИРДИН ТРАНСЧЕКАРАЛЫК ДАРЫЯЛАРЫНЫН БАШАТЫ БОЛГОН ЗОНАЛАРДЫН СУУЛАРЫНДАГЫ УРАН

*Тузова Т.В., Загинаев В.В., Шатравин В.И., Ваткинс Д.,
Матвеева И.В., Саидов С.М.*

УРАН В ВОДАХ ЗОН ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА ТРАНСГРАНИЧНЫХ РЕК ТЯНЬ-ШАНЯ И ПАМИРА

*T.V. Tuzova, V.V. Zaginaev, V.I. Shatravin, D. Watkins,
I.V. Matveeva, S.M. Saidov*

URANIUM IN WATERS OF TRANSBOUNDARY RIVER SOURCE ZONES IN THE TIEN SHAN AND PAMIR

УДК: 556.314: 550.461

Макалада мөңгүлөрдүн сууларындагы урандын концентрациясынын өзгөчөлүктөрү баяндалды жана анын изотоптук курамы изилденип жана Тянь-Шань жана Памир суу ресурстары калыптанган зоналардагы суулардын генетикалык курамына баа берилди. Изилдөөлөр акыркы 5 жылдын ичинде Чоң-Кызыл-Суу, Ала-Арча, Аламүдүн (Түндүк Тянь-Шань), Кызылсу, Муксу, Обихингоу, Вахш (Памир-Алай) дарыяларында жүргүзүлдү. Урандын ультра төмөнкү концентрацияларын аныктоонун альфа-спектрометриялык методунун жогорку сезгичтиги аныкталды. Атмосфералык жаан-чачындагы жана мөңгүлөрдөгү урандын өлчөнүүчү курамы табылды. Суу сиңиргич пордалар менен контакт болгондо калыптанган мөңгүлөрдүн сууларында урандын курамы жогорулап жана $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ катнашынын тең салмагынан четтеп кетүү көбөйөрү аныкталды. Урандын изотоптук курамы боюнча трансчекаралык тоо дарыяларынын башатын түзгөн суулардын 3 генетикалык типтери бөлүндү.

Негизги сөздөр: трансчекаралык суулар, башаты калыптанган зоналар, анализдин уран-изотоптук методу, Тянь-Шань, Памир-Алай.

В статье изложены особенности концентрирования урана из приледниковых вод, изучен его изотопный состав и проведена оценка генетических составляющих стока в зонах формирования водных ресурсов Тянь-Шаня и Памира. Исследования проведены в течение последних 5 лет в бассейнах рек Чон-Кызылсу, Ала-Арча, Аламедин (Северный Тянь-Шань), Кызылсу, Муксу, Обихингоу, Вахш (Памиро-Алай). Показана высокая чувствительность альфа-спектрометрического метода определения ультранизких концентраций урана. Обнаружено измеримое содержание урана в атмосферных осадках и ледниках. Показано, что в приледниковых водах, формирующихся при контакте с водонасыщающими породами, возрастает содержание урана и увеличивается отклонение от равновесия соотношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$. По изотопному составу урана выделено 3 генетических типа вод, формирующих сток трансграничных горных рек.

Ключевые слова: трансграничные воды, зоны формирования стока, уран-изотопный метод анализа, Тянь-Шань, Памиро-Алай.

The article describes the features of uranium concentration from near-glacial waters, its isotope composition is studied, and the genetic components of the runoff in the zones of formation of the Tien Shan and Pamir water resources are

estimated. Studies have been conducted over the past 5 years in the basins of the Chon-Kyzylsu, Ala-Archa, Alamedin (Northern Tien Shan), Kyzylsu, Muku, Obikhingou, Vakhsh (Pamir-Alai) rivers. A high sensitivity of the alpha-spectrometric method for determining ultra-low uranium concentrations is shown. A measurable uranium content in atmospheric precipitation and glaciers was detected. It is shown that in the glacial waters formed upon contact with water-bearing rocks, the uranium content increases and the deviation from equilibrium of the ratio $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ increases. According to the isotope composition of uranium, 3 genetic types of water are formed that form the runoff of transboundary mountain rivers.

Key words: transboundary waters, flow formation zones, uranium-isotope analysis method, Tien Shan, Pamir-Alai.

Введение. Для решения вопросов вододеления в странах ЦА важно знать распределение водных ресурсов трансграничных рек. Зоны формирования стока этих рек расположены в приледниковых высокогорных районах, где практически отсутствует сеть гидрометрических наблюдений. В связи с этим актуальным является разработка нетрадиционных методов оценки водных ресурсов горных рек. Одним из таких методов является уран-изотопный, хорошо зарекомендовавший себя для решения ряда гидрогеологических задач Центральной Азии в последнее десятилетие и ранее [1-27].

Однако для горных речных бассейнов применение этого метода осложнено ультранизкими концентрациями урана в водах приледниковых зон формирования стока. Работа посвящена изложению особенностей концентрирования урана из приледниковых вод, изучению его изотопного состава и оценке генетических составляющих стока в зонах формирования водных ресурсов Тянь-Шаня и Памира.

Объектами исследования являлись зоны формирования стока ряда рек Северного Тянь-Шаня и Памиро-Алая. Там в летне-осеннее время 2012-2015 гг. проводились исследования в рамках сотрудничества организаций, где работают авторы этой работы, а с 2015 г. – по грантам USAID-проекта PEER-454. На рис.1-5 приведены некоторые места отбора проб вод и льдов и карты с основными точками опробования в бассейнах рек Чон-Кызылсу, Ала-Арча, Аламедин (Северный Тянь-Шань), Кызылсу, Муксу, Обихингоу, Вахш (Памиро-Алай).



Рис. 1. Районы исследований трансграничных речных бассейнов уран-изотопным методом (указаны квадратиками).

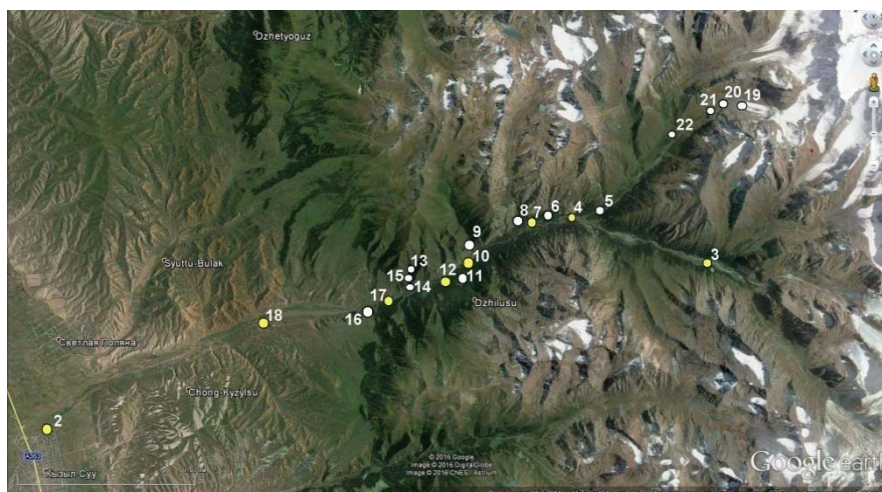


Рис. 2. Схема опробования вод и льдов в бассейне р. Чон-Кызылсу в июне 2016 г. (нумерация проб по полевым журналам).

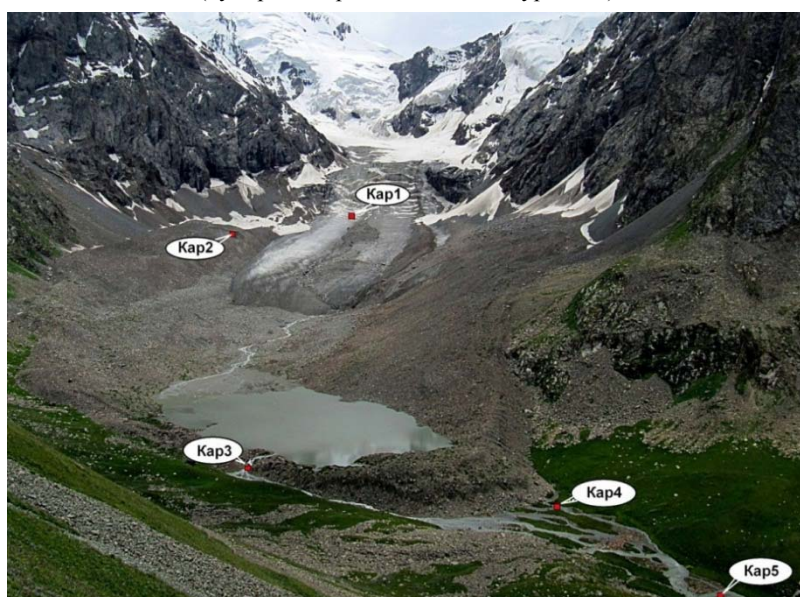


Рис. 3. Места отбора проб льда (Кар 1,2) и воды (Кар3-5) в приледниковой зоне Карабаткак – верховья р.Чон-Кызылсу, Северный Тянь-Шань (фото В.И.Шатравина).

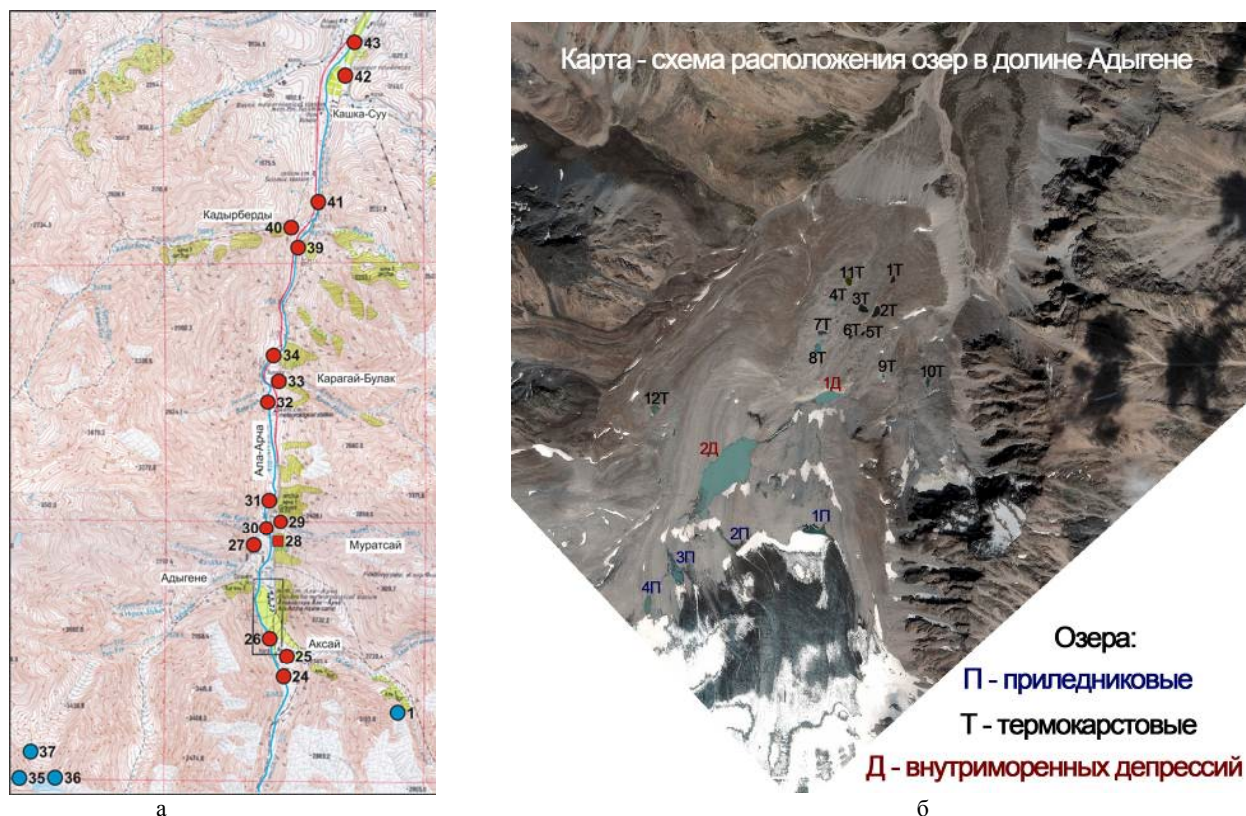


Рис. 4. Схема опробования вод и льдов в бассейне р. Ала-Арча (а) и Адыгене (б) в августе 2016 г.

Методика исследований. Для выделения урана в измеримых количествах из приледниковых источников требуется отбор и доставка в лабораторию больших объемов воды, что весьма затруднительно. В связи с этим была поставлена задача проводить концентрирование урана из вод на сорбентах в полевых условиях. Сравнивались опробованные ранее методики осаждения урана на активированном угле и на гидроокиси железа [1-19].

Концентрирование изотопов урана из вод в полевых условиях проводилось из проб воды объемом от 1 до 6 л (в зависимости от предполагаемого или найденного ранее содержания урана), отфильтрованной от взвешенных частиц.

Для осаждения на активированном угле воду подкисляли азотной кислотой до кислой реакции по метил-оранжевому (рН=3,1-4,4) и нейтрализовали амиаком до перехода индикатора в желтый цвет. Для контроля химического выхода (полноты сорбции урана) и для определения содержания урана в воде в пробу вводили строго дозированный изотопный трассер – искусственный изотоп ^{232}U . После тщательного перемешивания воды с трассером в раствор добавляли 5-10 г мелкозернистого активированного угля, предварительно обработанного 10% раствором соляной кислоты. Жидкость с углем тщательно барботировалась и отстаивалась до полного осаждения угля на дно. Затем раствор сбрасывали декантированием, уголь с сорбированным на нем ураном отделяли

от излишней влаги вакуумным фильтрованием, сушили и упаковывали для дальнейшей транспортировки в лабораторию [1-3].

Десорбция урана с угля проводилась 10% раствором карбоната натрия; раствор подкислялся азотной кислотой и кипятился не менее 20 мин. для разрушения карбонатных и гидрокарбонатных комплексов. Затем проводилось соосаждение урана на гидроксиде железа (III).

Полученный осадок коагулировали и отстаивали в течение 2 часов, отфильтровывали и растворяли в горячей 7-М азотной кислоте. Для осаждения урана на гидроксиде железа природную воду отфильтровывали от взвешенных частиц, добавляли строго дозированный изотопный трассер ^{232}U , который либо перемешивали барботированием не менее 30 минут, либо отстаивали в течении 6 и более часов. После этого в пробу добавляли раствор хлористого железа из расчета 50 мг на 1 литр пробы и осаждали раствором аммиака. Осадку давали отстояться в течение 2 часов, после чего отфильтровывали и упаковывали для дальнейшей транспортировки в лабораторию [3].

Воды, опробованные до 2015 г., привозились в лабораторию для выделения из них изотопов по стандартной методике [28, 29]. Из проб, отобранных в 2016-17 гг., уран концентрировался в полевых условиях как на активированном угле, так и на гидроксиде железа.



Рис. 5. Схема опробования вод и льдов в бассейнах рек Кызылсу и Муксу в сентябре-октябре 2016 г.

В лаборатории осадок гидроокисей с ураном растворяли в горячей концентрированной азотной кислоте. Из полученного раствора проводили экстракцию изотопов урана 30% раствором ТБФ в толуоле для отделения от других радиоактивных элементов по методике [29].

Реэкстрагированный водный раствор, содержащий изотопы урана, выпаривали досуха, обрабатывали концентрированной азотной кислотой для удаления остатков органических веществ. Полученные соли растворяли в 0,5 М азотной кислоте, 1% Трилоне Б и готовили для электролитического осаждения на стальной диск путем прибавления раствора электролита, состоящего из 25% раствора хлорида аммония и насыщенного раствора оксалата аммония. Концентрированным раствором аммиака доводили pH до 8-9.

Электролиз проводили в течение 45-50 мин. при постоянном pH (добавлением раствора аммиака) и токе 1,5 А. После окончания электролиза диск с осажженным на нем ураном промывали этиловым спиртом и высушивали на воздухе [1-3].

Изотопный состав урана определяли на альфа-спектрометре высокого разрешения "Alpha-analyst" (Canberra) со специальным программным обеспечением автоматической выдачи результатов измерений содержания урана, отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ и оценкой погрешностей.

Результаты изучения изотопного состава урана в опробованных водоисточниках приведены в таблицах 1-3.

Таблица 1

Изотопы урана в ледниковых водах верховьев р. Чон-Кызыл-су (рис. 2, 3).

Шифр проб - год отбора	Место отбора	Координаты	Объем воды, мл	Выход урана, %	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{C}_{\text{U}} \cdot 10^{-6}$ г/л
Кар1-15	Молодой лед с ледника Карабаткак (осадки 2014-2015 гг.)	N42°09'14.82 E78°16'08.95	900	58	1,00±0,04	0,17±0,04
Кар3-15	Озеро внутриморенной депрессии ледника Кашкатор	N42°10'15.39 E78°15'00.09	900	27	1,20±0,09	0,84±0,08
Кар4-15	Родник из-под ледника Кашкатор	N42°10'17.39 E78°15'00.39	880	32	0,92±0,08	1,00±0,08
Кар5-15	Р. Кашкатор после слияния с родником в языке ледника	N42°10'15.39 E78°15'00.03	900	28	1,00±0,05	1,38±0,09
KZS5-16	Устье р. Кашкатор	N42°14'10.43 E78°14'15.30	4500	22	1,09±0,03	2,88±0,13
KZS22-16	Устье р. Айлама	N42°10'17.39 E78°15'00.39	4500	18	1,07±0,05	1,49±0,10
KZS4-16	Р. Чон-Кызылсу после слияния с р. Кашкатор	N42°11'37" E78°12'04"	4500	17	1,10±0,03	3,27±0,14

Таблица 2

Изотопы урана в ледниковых водах верховьев рек Ала-Арча, Адыгене (рис. 4).

Шифр проб - год отбора	Место отбора	Координаты	Высота, м	Объем воды, мл	Выход урана, %	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{C}_{\text{U}} \cdot 10^{-6}$ г/л
#1А-14	Снег с ледника Адыгене	N42°30'26,57E74° 26'12,91	3645	800	26	1,00±0,04	0,11± 0,01
#3А-14	Оз. 1П приледниковое (Рис.3)	N42°30'35,80E74° 26'26,96	3697	850	57	1,00±0,04	0,33±0,04
#5А-14	Оз. 7Т термокарстовое	N42°31'03,93E74° 26'29,93	3536	900	43	0,98±0,04	1,4 ±0,2
#6А-14	Оз. 12Т термокарстовое	N42°30'54,37E74° 26'45,60	3537	840	68	1,04±0,04	1,4±0,2
#7А-14	Оз. 6Т термокарстовое	N42°31'02,98E74° 26'38,05	3530	850	62	1,10±0,05	1,54±0,05
#8А-14	Оз.8Т термокарстовое	N42°30'57,81E74° 26'34,59	3528	800	55	1,14±0,08	1,50±0,08
#9А-14	Оз. 9Т термокарстовое	N42°30'59,43E74° 26'34,59	3529	900	58	0,92±0,08	2,0±0,3
3А-17	Озеро Адыгене большое	N 42,512021 E74,437061	3586	1500	58	1,07±0,09	2,2±0,1

4A-17	Озеро Адыгене малое глубокое	N 42,514644 E74,441898	3510	1500	58	1,11±0,06	3,8±0,2
#10A-14	Озеро 11Т термокарстовое	N42°30'51,09E74° 26'01,77	3629	865	73	0,97±0,08	4,1±0,7
#11A-14	Озеро 10Т термокарстовое	N42°31'06,85E74° 26'32,07	3534	800	61	1,01±0,04	54,6±0,19
#4A-14	Озеро 2Д внутриморенной депрессии	N42°30'47,25E74° 26'16,47	3590	790	57	1,26±0,07	0,7±0,2
#12A-14	Исток р. Адыгене из-под языка ледника	N42°30'26,61E74° 26'12,47	3647	840	80	1,16 ±0,08	1,9±0,2
2A-17	Родник у устья Адыгене	N 42,572421 E 74,482035	2084	1000	51	1,05±0,02	22,5±0,5
KZS27-16	Р.Адыгене, устье	N42°5721.30 E74 ° 482171	2093	4800	7	0,91±0,10	0,31±0,05
KZS25-16	Р.Акса́й перед впадением в р.Ала-Арча	N42° 54'9830 E74° 48'69.63	2253	5400	16	1,02±0,02	5,1±0,2
KZS24-16	Р.Ала-Арча, верховья	N42° 54'98.30 E74° 48'69.63	2260	5000	11	1,17±0,03	4,1±0,2
1A-17	Р.Ала-Арча перед р.Адыгене	N 42,571804 E 74,481811	2087	1000	29	1,15±0,03	11,6±0,3

Таблица 3

Изотопы урана в приледниковых водах верховьев рек Кызыл-су, Муксу (Памиро-Алай, рис. 5).

Шифр проб - год отбора	Место отбора	Координаты	Высота, м	Объем воды, мл	Выход урана, %	²³⁴ U/ ²³⁸ U	C _U .10 ⁻⁶ г/л
KCY2-13	Свежий снег с ледника Кызыл-Су вост.	N39°32'13.10 E73 °40'43.55	4173	1500	50	0,8±0,2	0,32±0,06
KCY3-13	Старый лед снег с ледника Кызыл-Су вост.	N39°32'15.60 E73 °40'36.89	4173	1500	31	1,5±0,3	0,21±0,06
KCY4-13	Старый лед снег с ледника Кызыл-Су вост	N39°32'22.40 E73 °40'31.76	4095	1500	55	1,3±0,3	0,22±0,06
KCY24-13	Свежий снег в долине р.Сары-Могол	N39°41'19.08 E72 °53'22.72	3024	1500	48	1,2±0,2	0,38±0,05
KZS39-13	Лед с ледника левого притока р.Алтын-Дара	N39°15'57.97" E72 °12'23.90	4404	1500	77	1,8±0,3	0,11±0,04
'KZS40-13	Свежий снег с того же ледника	N39°15'58.24" E73 °29'10.93	4431	1500	74	1,0±0,3	0,11±0,04
KZS42-13	Лед старый ледника Мургазы, отроги хр. Петра Первого.	N39°07'18.34" E71°29'38.25"	3109	1500	77	1,6±0,5	0,35±0,05
#П18-16	Ледник Ленина	N39°07'07.67"E 71°29'43.65"	3116	1500	28	1,0±0,3	0,12±0,02
'KZS43-13	Родник при спуске с плато Тупчак, левый борт долины р.Муксу.	N9°12'37.17"E 71°26'56.07"	2611	1500	72	2,2±0,4	0,10±0,03
'KZS44-13	Родник при спуске с палто Тупчак, левый борт долины р.Муксу.	N39°41'33.75 E73 °26'28.88	3913	1500	71	2,0±0,3	0,25±0,05

Выход урана при концентрировании его в полевых условиях оказался значительно ниже, чем при обработке воды в лаборатории, соответственно, и время измерений проб для достижения заданной точности (не хуже 5%) увеличилось. Однако это компенсировалось удобством доставки в лабораторию вместо больших объемов воды лишь пакетиков с осажденным на нем ураном. Осаждение на гидроксиде железа можно считать предпочтительнее как вследствие более высокой сорбции урана, так и упрощении хода его последующей радиохимической очистки.

Как видно из приведенных результатов, в большинстве проанализированных чисто ледниковых вод ультранизкое, но измеримое альфа-спектрометрически содержание урана $(1-4) \times 10^{-7}$ г/л и равновесное в пределах погрешностей измерений соотношение его четных изотопов.

В приледниковых водах, формирующихся в контакте с водовмещающими породами, возрастает содержание урана и увеличивается отклонение от равновесия соотношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$. Это особенно характерно для вод мореноледникового комплекса Адыгене (табл. 2). Там на небольшой площади (менее 1 км²) в процессе интенсивного таяния ледника в последние годы возникло более десятка озер (см. рис. 3б), воды которых отличаются как по величине избытка ^{234}U (от 0 до 26%) так и по общему содержанию урана (от 0,3 до 55 мкг/л). Это свидетельствует о различном механизме образования озер. В приледниковом озере (проба 3А-14) такие же уран-изотопные параметры, как и во льдах самого ледника. Воды термокарстовых озер обогащены в разной степени растворяющимся из водовмещающих пород ураном без заметного обогащения легким изотопом. Воды же внутриморенной депрессии, скорее всего, представляют собой воды не ледникового генезиса, а воды глубокой циркуляции из коренных пород – они не обогащены ураном, но имеют наибольший избыток ^{234}U . Такие же воды оказались и в приледниковых родниках на Памиро-Алае (табл. 3, пробы KZS43 и KZS 44).

Выводы. По соотношению изотопов урана в приледниковых зонах формирования стока ЦА выявлено 3 генетических типа вод, питающих горные реки:

- атмосферные осадки с ультранизким содержанием урана и равновесным соотношением его четных изотопов;

- воды, претерпевшие контакт с прилегающими породами, заметно обогащенные ураном с небольшим избытком дочернего изотопа;

- воды глубокой циркуляции из коренных пород с низким содержанием урана и наибольшим избытком ^{234}U ;

В любом водном источнике речного бассейна вклад каждого из этих типов вод может быть оценен по соотношению изотопов урана [1].

Благодарности. Авторы искренне признательны сотрудникам ИВП, ГЭИЭ АН РТ, КазНУ им. Аль

Фараби, ТНУ, Филиала МГУ в Таджикистане и Тянь-Шанского высокогорного научного центра за помощь при отборе проб воды и льда в приледниковых высокогорных зонах и их обработку в полевых условиях.

Литература:

1. Burkitbaev M.M., Uralbekov B.M., Tuzova T.V. Неравно-весный урана как естественный индикатор процессов в водно-экологических системах Центральной Азии. – Алматы: Казак университети, 2017. – 160 с. (Моно-графия, ISBN 978-601-04-2923-9).
2. Matveeva I.V., Tuzova T.V. Methodical Features of Pre-treatment of Water Samples of Mountain Rivers with Ultralow Concentration of Uranium for Alfa-Spectrometric Measuments // Вестник Таджикского National University 2017, Issue ½. – PP. 151-158.
3. Tuzova T.V. Estimation of Distribution of the Flow of Transboundary Mountain Rivers by Uranium-Isotopic Method // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии, том 4, 2017, Барнаул, Сибирское Отделение РАН, С. 126-134.
4. Тузова Т.В. Радиоэкологическое состояние вод разного генезиса в районе бывшего уранового рудника Каджисай (КР) // Труды Международного научного форума «Ядерная наука и технологии», Институт ядерной физики РК. – Алматы, 2017. – С. 287-293.
5. Усупаев Ш.Э., Тузова Т.В., Ерохин С., Загинаев В. Методы прогноза высокогорных озер Тянь-Шаня и Памира в сейсмоопасных зонах // Сборник материалов 9-го Казахстанско-Китайского международного симпозиума. – Алматы: Министерство образования и науки РК, Институт сейсмологии, 2017. – С. 78-83.
6. Тузова Т.В., Сатылканов К.А., Шатравин В.И., Матвеева И.В. Радиологическое состояние вод золоторудного комбината Кумтор (КР) // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях // Материалы 7-й Международной научной конференции. – Белгород, «Полите-ра», 2017. – С. 260-264.
7. Tuzova T., Matveeva I., Uralbekov B. Uranium isotopes in waters as radioecological indicator of genesis of waters and relative distribution of water resources of mountain rivers in Central Asia // 4-th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity // Session 5. Application of novel methods used for monitoring and radioecological studies, Berlin, 3-8 September, Institut Radioprotection (ISBN 978-29545237-7-4). – PP. 237-238.
8. Matveeva I. Tuzova T., Nursapina N., Meirman F., Uralbekov B. In-situ pre-concentrating of uranium isotopes on coal for alpha-spectrometric measurements (with approbation on water samples of mountain rivers), // 4-th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity // Session 5. Application of novel methods used for monitoring and radioecological studies, Berlin, 3-8 September, Institut Radioprotection (ISBN 978-29545237-7-4). – PP. 276-277.
9. Матвеева И.В. Назаркулова Ш.Н., Тузова Т.В., Уралбеков Б.М., Аманова Г.Т., Мамбеталиев Э.Д. Изотопы урана в водах хвостохранилищ рудника Каджисай. – Алматы: Вестник КазНУ, сер. хим., 2015, №4(80). – С. 61-67.
<http://bulletin.chemistry.kz/dx/doi.org/10.15328/cb600>.
10. Uralbekov B., Burkitbaev M., Satybaldiev B., Matveeva I., Tuzova T., Snow D. Spatial and temporal variability of

- ²³⁴U/²³⁸U activity ratios in the Shu River, Central Asia // Environmental Earth Sciences, No 4, 2014, pp. 148-10.
11. Тузова Т., Ерохин С., Шатравин В., Уралбеков Б., Сатыбалдиев Б., Зорий П. Возможности уран-изотопного метода в изучении динамики оледенения, генезиса вод и распределения элементов водного баланса малоизученных горных рек // Материалы Международной научно-практической конференции «Влияние изменения климата на состояние ледников и водные ресурсы». - Бишкек, 2014. - С. 36-38.
12. Тузова Т.В., Ерохин С.А., Загинаев В.В. Оценка прорывоопасности горных озер нестационарного типа уран-изотопным методом Сб. №69 научных трудов Института водного хозяйства Грузии. - Тбилиси, 2014. - С. 263-269.
13. Уралбеков Б.М., Буркитбаев Б.М., Маматканов Д., Матвеева И.В., Сатыбалдиев Б.С., Тузова Т.В. Изотопы урана в водах бассейна р.Чу // Материалы 4-й Международной конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». - Томск: Томский политехнический университет, 2013. - С. 535-537.
14. Шатравин В.И., Тузова Т.В., Сатыбалдиев Б.С., Уралбеков Б.М. Изотопы урана в водах Алайской долины // Материалы 4-й Международной конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». - Томск: Томский политехнический университет, 2013. - С. 566-570.
15. Маматканов Д., Тузова Т.В., Ерохин С.А. Оценка риска прорыва горных озер с использованием уран-изотопного метода, Материалы Международной конф. «Проблемы радиоэкологии управления отходами уранового производства в Центральной Азии». Бишкек - Иссык-Куль - «Аврора», 6-9 июня 2011 г. - С. 88-92.
16. Tuzova T.V., Erohin S.A., Valyaev A.N. Use of uranium-isotopic criteria for assessment of danger of outburst of moraine-glacier lakes of Kyrgyzstan // Mitigation of Natural Hazards in Mountain Areas // Materials of International Confer., Bishkek: Salam, 2009. - PP. 89-94.
17. Erohin, S.A., Tuzova, T.V. Assessment of risk of mountain lakes outburst with the use of natural uranium-isotopic indicators // Radioactivity and radioactive elements in environment // Proceedings of III International Conference, Tomsk: SST, 2009. - PP. 178-180.
18. Ерохин С.А., Загинаев В.В., Тузова Т.В. Возможность прогнозирования прорывоопасности горных озер нестационарного типа с помощью уран-изотопных индикаторов - Conference Mountainhazards 2013. - Бишкек: «Аврора», 2013. - С. 152-153.
19. 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.
20. 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. IWP&PH NAS KR: ISTC. - Bishkek: Ilim, 2006. - PP. 102-108.
21. Тузова Т.В. Изучение распределения стока и оценка водных ресурсов бассейна р.Сарыджаз по данным изотопного состава урана // Водные ресурсы, №2, 1985. - С. 36-42.
22. Чалов П.И., Тузова Т.В. Уран-изотопный метод изучения распределения стока речных бассейнов. // Мелиорация и водное хозяйство, №2, 1990. - С. 44-46.
23. Тузова Т.В., Филин К.С. Оценка доли подземной составляющей стока малых горных рек уран-изотопным методом. // Водные ресурсы, №2, 1990. - С. 72-75.
24. 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.
25. Тузова Т.В., Шатравин В.И. Особенности формирования изотопного состава урана во льдах и водах высокогорного литогенеза // Изв. АН КР, 1994, №3. - С. 55-59.
26. Тузова Т.В., Новиков В.Н. Уран-изотопные особенности формирования стока р.Пяндж // Водные ресурсы, №1, 1991. - С. 88-95.
27. 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.
28. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. - М.: БИНОМ, 2009. - 286 с.
29. Инструкция НСАМ № 381-ЯФ «Методика выполнения измерений объемной активности изотопов урана (²³⁴, ²³⁸) в природных водах с минерализацией до 5 г/дм³ альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой». - М., 2003. - 96 с.

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