

ГИДРОГЕОЛОГИЯ ИЛИМДЕРИ
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ
HYDROGEOLOGICAL SCIENCES

Тузова Т.В., Саякбаев Д., Сатылканов Р.А.

**КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮҮ ШАРТТАРЫНДА ЧОҢ-КЫЗЫЛСУУ ДАРЫЯСЫНЫН
БАССЕЙНИНДЕГИ ЖЕР ҮСТҮНДӨГҮ ЖАНА ЖЕР АСТЫНДАГЫ СУУЛАРЫНЫН
ГЕНЕТИКАЛЫК КУРАМЫ ЖАНА УРАНДЫН ИЗОТОПТУК КУРАМЫНЫН ӨЗГӨРҮЛҮШҮ**

Тузова Т.В., Саякбаев Д., Сатылканов Р.А.

**ВАРИАЦИИ ИЗОТОПНОГО СОСТАВА УРАНА И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ
СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД БАССЕЙНА РЕКИ
ЧОН-КЫЗЫЛ-СУУ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА**

T.V. Tuzova, D. Sayakbaev, R.A. Satylkanov

**VARIATIONS IN THE ISOTOPIC COMPOSITION OF URANIUM AND
GENETIC COMPOSITION OF SURFACE AND UNDERGROUND WATERS OF THE
CHON-KYZYL-SUU RIVER BASIN IN CHANGING CLIMATE CONDITIONS**

УДК:556.341:550.461

USAID PEER-454 долбоорунун алкагында жүргүзүлгөн мурда жарыяланган иштин уландысында, Кыргыз Республикасынын, Түндүк жана Ички Тянь-Шандын чек арасында, Ысык-Көл облусунун түштүк-чыгыш бөлүгүндө жайгашкан Чоң-Кызыл-Суу дарыясынын бассейниндеги жер үстүндөгү жана жер астындагы сууларындагы урандын изотоптук курамындагы өзгөрүүлөрдүн натыйжалары келтирилген. Бассейндеги агын суунун пайда болушуна жооптуу урандын изотоптук курамы боюнча мурда белгиленген суунун үч генетикалык түрү тастыкталды. Өзгөрүлбөгөн эриген суулардын, суу алмашуу зонасынын жер бетине жакын сууларынын жана чөлкөмдүн терең жүгүртүлүүчү сууларынын үлүшү тең салмактуулукка жатпаган уран боюнча аныкталды. Бассейинди камсыз кылууда жана жер астындагы суулардын атмосфералык келип чыгышында акыркыларынын анча-мынча үлүшү белгиленди. 2015-2016-жылдардагы натыйжаларга салыштырмалуу 2018-жылы изилденген суулардын радиологиялык тазалыгы жана бассейнин жер үстүндөгү сууларындагы уран концентрациясынын байкаларлык жогорулагандыгы белгиленди. Климаттын өзгөрүшүнө байланыштуу радиологиялык кырдаалды контролдоо үчүн суудагы уран болушунун мониторинги зарылдыгы белгиленди.

Негизги сөздөр: Чоң-Кызыл-Суу дарыясы, суулардын генезиси, уран изотоптору, мөңгүлөрдүн агын суулары, жер үстүндөгү суулар, жер астындагы суулардын агымы, аралашуу пропорциясын эсептөө.

В продолжение ранее опубликованных работ, выполненных в рамках проекта USAID PEER-454, представлены результаты изменений во времени изотопного состава урана в поверхностных и подземных водах бассейна р. Чон-Кызыл-Суу, расположенного в Кыргызской Республике на границе Северного и Внутреннего Тянь-Шаня в юго-восточной части Прииссыккуля. Подтверждены ранее установленные по изотопному составу урана три генетических типа вод, ответственных за формирование стока бассейна. Оценены по неравновесному урану доли неизменных талых вод, приповерхностных вод зоны активного водообмена и вод глубинной циркуляции региона. Отмечена незначительная доля последних в питании бассейна и атмосферное происхождение подземных вод. Отмечена радиологическая чистота изученных вод и заметное повышение концентраций урана в поверхностных водах бассейна в 2018 г. по сравнению с результатами, полученными в

2015-2016 гг. Показана необходимость организации мониторинга изотопного состава урана в водах для контроля изменения радиологической обстановки в связи с изменением климата.

Ключевые слова: Река Чон-Кызыл-Суу, генезис вод, изотопы урана, ледниковый сток, поверхностные воды, подземный сток, оценка пропорций смешения.

In continuation of previously published studies carried out in the framework of the USAID peer-454 presented the results of a study of the isotopic composition of uranium in surface and groundwaters in the basin of the river Chon-Kyzyl-Suu, located in the Kyrgyz Republic on the border of North and Inner Tien Shan in the South-Eastern part of the Issyk-Kul region. The previously established uranium-isotope features of the three genetic types of water responsible for the formation of the basin runoff have been confirmed. The proportions of unchanged meltwater, near-surface waters of the active water exchange zone, and deep circulation waters of the region were estimated from nonequilibrium uranium. The insignificant share of the latter in the basin's nutrition and the atmospheric origin of underground waters are shown. The radiological purity of the studied waters and a noticeable increase in uranium concentrations in the surface waters of the basin in 2018 compared to the results obtained in 2015-2016 were noted. It is shown that it is necessary to organize monitoring of the isotopic composition of uranium in the waters to control changes in the radiological situation due to climate change.

Key words: Chon-Kyzyl-Suu River, water Genesis, uranium isotopes, glacial runoff, surface water, underground runoff, estimation of mixing proportions.

Исследование генетического состава вод горных рек ледникового типа питания в условиях изменяющегося климата для регионов с недостаточной сетью гидрологических наблюдений, каковыми являются основные реки Центральной Азии, остается актуальной задачей. В ранее опубликованных работах [1-7] были показаны возможности уран-изотопного метода для решения таких задач. Однако для оценок достоверности этого метода необходимо знать изменения уран-изотопных показателей во времени.

В настоящем сообщении представлены результаты изучения вариаций уран-изотопного состава

урана в поверхностных и подземных водах бассейна р. Чон-Кызыл-Суу (рис. 1). Формирование речного стока здесь происходит на расстоянии не более 20 км

за счет поверхностных и погруженных в приповерхностные отложения талых вод ледников и снега (рис.1) [1, 8-11].

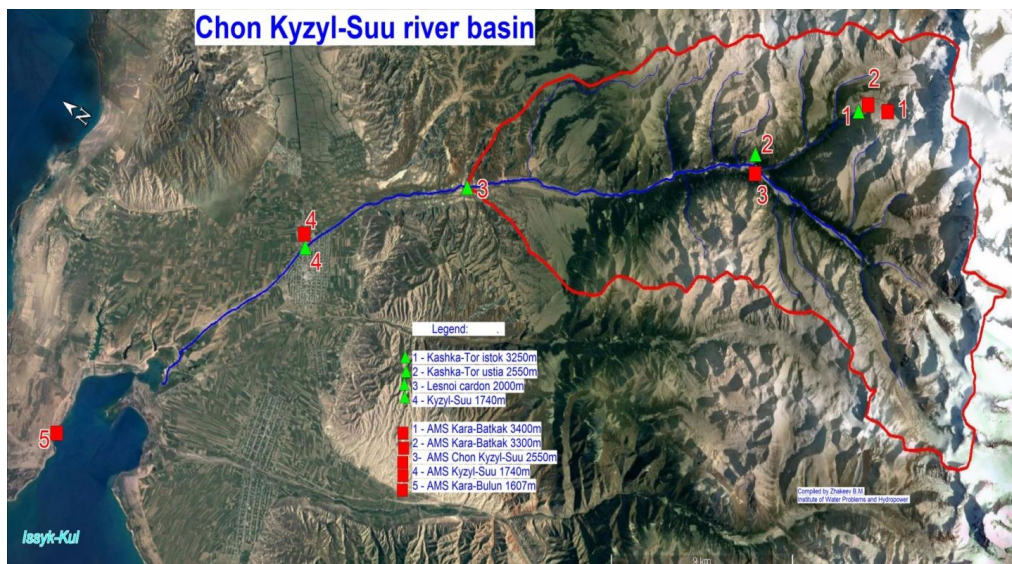


Рис. 1. Бассейн р.Чон-Кызыл-Суу с границей зоны формирования стока (красная линия), гидропостами (зеленые) и автоматическими метеостанциями (красные), где проводилось уран-изотопное опробование вод.

В работе [1] по уран-изотопным показателям было выявлено, что доля чисто атмосферных вод в питании р.Чон-Кызыл-Суу уменьшается вниз по течению от 100 до 60-70%, а доля погруженных в приповерхностные отложения грунтовых вод активного водообмена возрастает до 30-40%, соответственно, при незначительной доле вод глубинной циркуляции.

В 2015-2016 гг. работы по изучению изотопного состава урана в водах этого бассейна проводились нами в зоне формирования стока бассейна, не затрагивая зону рассеяния стока до разгрузки в озеро Иссык-Куль. В 2018 г. проведено опробование вод как в ранее изученных источниках, так и в водах прибрежной зоны. Здесь поверхностный сток р.Чон-Кызыл-Суу почти полностью фильтруется аллювиальными отло-

жениями, а подземные воды, как холодные приповерхностные, так и термальные глубокой циркуляции, вскрыты скважинами, которые впервые были опробованы на изотопный состав урана. Места опробования вод отмечены на рисунке 1 и описаны в табл. 1 и 2.

Измерения изотопного состава проводились альфа-спектрометрически в Центре радиологической экологии КазНУ, г. Алматы [1,6,12,13] и масс-спектрометрически в Юлиховской исследовательском центре, Германия [14].

В таблице 1 сведены результаты анализов изотопного состава урана в талых водах нивально-гляциальной зоны, опробованных в 2015-2018 гг. на высотах свыше 2900 м, где формируется чисто снегло-ледниковый сток бассейна.

Таблица 1

Изотопы урана в ледниковых водах верховьев р.Чон-Кызыл-Суу

Шифр проб-год отбора	Место опробования	Координаты	Высота, м	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	Cu, мкг/л
Кар1-15	Лед с поверхности ледника Карабаткак	N42°09'14.82 E78°16'08.95	3500	1,00±0,04	0,17±0,04
KZS19-16	Лед с поверхности ледника Карабаткак	N42°09'14.80 E78°16'08.95	3500	1,29±0,17	0,14±0,04
2K-18	Свежий снег на леднике Кара-Баткак	N42°09'22.50 E78°16'10.55	3385	1,07±0,07	0,22±0,05
Кар2-15	Старый лед с ледника Карабаткак	N42°09'22.50 E78°16'10.55	3385	1,05±0,05	0,32±0,05

KZS20-16	Вода из озера Карабаткак	N42°9'32.50 E78°16'13.55	3380	0,84±0,07	0,40±0,06
KZS6-16	Ручей Айлама	N42°11'58.0 E78°11'48.0	2960	0,99±0,09	0,20±0,03
KZS21-16	Р.Кашкатор перед р.Айлама	N42°14'10.40 E78°14'15.30	2975	1,00±0,08	0,36±0,06
Средневзвешенное для приледниковых талых вод				1,03±0,03	0,2±0,1

Приведенные данные свидетельствуют о сохранении радиологической чистоты ледниковых и приледниковых талых вод бассейна в течение 4-х лет (2015-2018 гг.). В них ультранизкое содержание урана - $0,2 \pm 0,1$ ppb (10^{-6} г/л) при равновесном отношении $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$. В водах, выклинивающихся из-под морено-ледниковых отложений и формирующих сток верховьев р. Чон-Кызыл-Суу, содержание урана увеличи-

вается на порядок за счет его растворения из моренных отложений при сохранении равновесия изотопного отношения $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ в пределах двукратной погрешности измерений.

В таблице 3 приведены и на рисунке 2 изображены в виде диаграммы результаты оценки генетического состава вод основных источников бассейна по изотопному составу урана.

Таблица 2

Генетический состав вод бассейна р.Чон-Кызыл-Суу

Шифр проб-год отбора	Место отбора	Координаты	Высота	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\text{Cu}, 10^{-6} \text{ г/л}$	Генетический состав вод %		
						1	2	3
2015-2018	Ледниковые воды по (табл. 1)		3385-3500	1,03±0,03	0,2±0,1	100		
K2-18	Свежевыпавший снег на леднике Кара-Баткак	N42°09'22" E78°16'10"	3385	1,07±0,09	0,22±0,08	100		
Kap5-15	р. Кашкатор, исток из под ледника	N42°10'15" E78°15'00"	2962	1,00±0,05	1,38±0,09	87±3	13±3	-
K1-18	То же	Там же	То же	0,99±0,03	2,020,08	85±5	15±5	-
KZS4-16	Р. Кашкатор, устье	N42°12'24" E78°11'24"	2560	1,11±0,04	4,3±0,2	65±5	35±5	≤5
K13-18	То же	Там же	То же	1,08±0,05	6,3±0,2	48±3	52±3	≤3
KZS3-16	Р.Чон-Кызыл-Суу до слияния с Кашка-Тор	N42°11'04" E78°12'30"	2570	1,2±0,2	0,5±0,1	97±5	3	≤3
KZS5-16	Р.Чон-Кызыл-Суу после слияния с Кашка-Тор	N42°12'28" E78°11'24"	2550	1,10±0,05	3,7±0,2	70±5	30±5	≤5
K12-18	То же	Там же	То же	1,05±0,05	5,6±0,1	54±3	46±3	≤3
KZS7-16	Р.Чон-Кызыл-Суу перед правобережным притоком	N42°12'47" E78°10'52"	2400	1,12±0,07	3,1±0,1	72±2	24±2	±4
K11-18	То же	Там же	То же	1,06±0,06	5,2±0,2	57±5	43±5	±5
KZS8-16	Правобережный приток	N42°13'13" E78°10'32"	2430	1,64±0,14	1,08±0,10	70±2	≤4	28±2
KZS9-16	Правобережный приток Шатылы	N42°13'18" E78°10'06"	2400	1,92±0,14	0,87±0,07	67±3	≤6	33±3
KZS15-16	Термальный источник Джилису	N42°14'07" E78°09'02"	2200	1,83±0,13	0,19±0,06	-	-	100
16K-18	То же	Там же	То же	1,84±0,13	0,10±0,06	-	-	100
KZS13-16	Холодный родник выше термальных источников	N42°14'07" E78°09'02"	2230	1,34±0,13	4,55±0,08	44±5	33±4	23±3
8K-18	То же	Там же	То же	1,39±0,08	5,3±0,1	≤4	68±2	32±2
9K-16	Р.Чон-Кызыл-Суу у термальных источников		2190	1,08±0,06	2,4±0,1	85±4	15±4	≤4
7K-18	То же	Там же	То же	1,18±0,08	1,6±0,1	63±4	33±4	≤8
KZS18-16	Р.Чон-Кызыл-Суу, Лесной кордон	N42°12'28" E78°11'24"	2000	1,18±0,06	3,0±0,2	65±5	20±5	15±5

KZS2-16	Р.Чон-Кызыл-Суу, ТШВНЦ	N42°12'08" E78°11'04"	1740	1,21±0,06	3,5±0,2	56±5	25±5	19±5
6K-18	То же	Там же	Тоже	1,08±0,06	4,65±0,06	62±5	38±5	≤5
K15-18	Р. Чон-Кызыл-Суу у автотрассы	N42°19'33" E78°03'44"	1700	1,03 ±0,03	5,0±0,1	60±5	40±5	-
5K-18	Холодная скв. "Марко Поло"	N42°27'49" E77°56'28"	1620	1,07 ±0,03	12±1	-	100	-
4K-18	Термальная скв. "Марко Поло"	N42°27'47" E77°56'30"	1619	1,70±0,08	0,77±0,03	≤10	±10	90±10
Экстраполировано для вод глубокой циркуляции				2,25	2,5			100
3K-18	оз. Иссык-Куль	N42°27'52" E77°56'31"	1606	1,215±0,005	41±4			

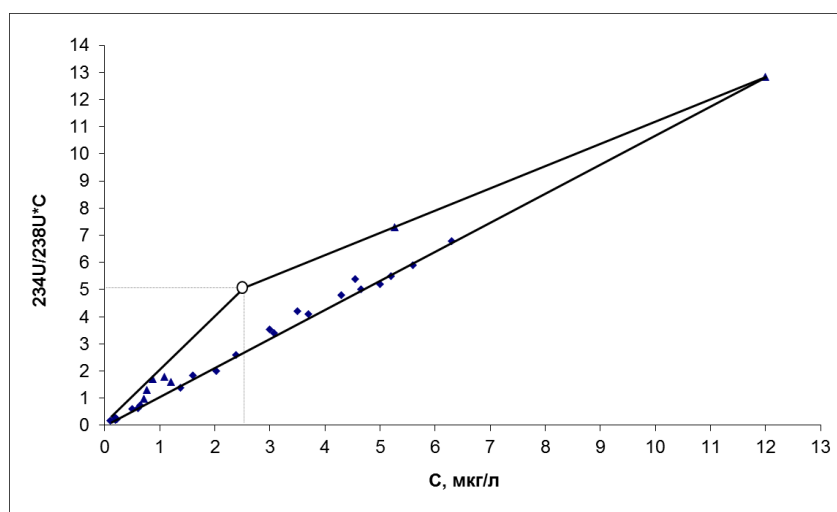


Рис. 2. Уран-изотопная диаграмма вод бассейна р.Чон-Кызыл-Суу.

Из данных таблицы 2 видно, что по изотопному составу урана в водах, формирующих сток р.Чон-Кызыл-Суу, можно выделить, как это отмечалось нами и ранее [8-14] три генетических типа вод:

1. Чисто ледниково-снеговые воды с минимальным содержанием урана и равновесным соотношением его четных изотопов (выделено зеленым, таблица 2).

2. Подземные воды зон активного водообмена, вскрытые водопроводной скважиной на побережье оз. Иссык-Куль с повышенным содержанием урана при сохранении радиоактивного равновесия $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (выделено красным).

3. Воды глубокой циркуляции с максимальным избытком ^{234}U над ^{238}U при сравнительно низких концентрациях урана (выделено желтым). Эти воды в наиболее чистом виде выклиниваются естественным путем термальными источниками в районе Джилису (пробы KZS15-16, 16K-18). Видимо, здесь проходит тектонический разлом, по которому происходит подъём глубинных вод. Воды с близкими уран-изотопными параметрами обнаружены в двух правобережных притоках, формирующихся в этом районе (пробы

KZS8-16, KZS9-16), а также вскрыты термальной скважиной в прибрежной зоне Иссык-Куля (проба 4K-18). Содержание урана в них не превышает $(0,1 - 1,0) \times 10^{-6}$ г/л, а отношение $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ меняется от 1,5 до 2,1.

На основе полученных данных построена диаграмма зависимости относительного избытка $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} \times C$ от содержания урана в водах C (рис. 2). Диаграмма представляет собой треугольник, вершины которого соответствуют уран-изотопным параметрам в водах указанных трех типов. Ледниковые воды и подземные воды активного водообмена представлены вершинами с минимальным и максимальным содержанием урана, соответственно. Для вод глубокой циркуляции уран-изотопные параметры определены как координата третьей вершины треугольника, охватывающего все опробованные водоисточники бассейна. Это позволило по формулам изотопного смешения [8, 13] оценить вариации изотопного состава урана в течение нескольких лет и генетический состав вод бассейна.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что уран-изотопные параметры в поверхностных

водах бассейна претерпевают временные вариации. Содержание урана в поверхностных водах бассейна в 2018 г. оказалось в среднем в 1,5 раза выше, чем в 2016. Это может быть связано с ускорением таяния ледников региона и увеличением доли погруженных в моренные отложения талых вод. Последние за счет контакта с водовмещающими породами обогащаются ураном уже в приледниковой зоне, что видно на повышении содержания урана в водах р. Кашкатор от ее истока к устью (пробы Кар5-15, К1-18, KZS4-16, K13-18, табл. 3). Это приводит к уменьшению доли чисто ледникового стока и увеличению доли стока из приповерхностной зоны активного водообмена. Доля вод глубинной циркуляции в питании реки незначительна.

Обнаруженное увеличение содержания урана в поверхностных водах р. Чон-Кызыл-Суу в 2018 г. по сравнению с 2016 г. может быть вызвано климатическими изменениями, приводящими к протаиванию приледниковых отложений и растворению урана из водовмещающих пород. Это говорит о необходимости постановки мониторинговых исследований изотопного состава урана в водах бассейна для получения информации, и о влиянии климатических изменений на генетический состав вод бассейна и их качество.

Литература:

1. Тузова Т.В., Ваткинс Д. Генетический состав поверхностных и подземных вод бассейна р. Чон-Кызылсуу в условиях изменяющегося климата // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2019, № 4. - С.81-84.
2. Тузова Т.В., Ерохин С.А., Загинаев В.В., Ваткинс Д. Неравновесный уран как естественный радиоактивный индикатор генезиса поверхностных и подземных вод Центральной Азии // Там же. - С. 85-91.
3. Тузова Т.В., Сатылканов Р.А., Шатравин В.И., Ваткинс Давид // Изотопы урана в водах и льдах верховьев р.Нарын // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, 2018, № 3. - С.125-130.
4. 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 // Там же, с.178-185.
5. Тузова Т.В. Оценка распределения стока трансграничных горных рек уран-изотопным методом // Трансграничные водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии, Труды 3-ей Всероссийской научной конф. с международным участием, Барнаул, 2017, т.4 - С. 126-134.
6. Буркитбаев М.М., Уралбеков Б.М., Тузова Т.В. Неравновесный уран как естественный индикатор процессов с водно-экологических системах Центральной Азии // Алматы, Казак университети, 2017, 160 с.
7. Tuzova T., Matveyeva I., Uralbekov B. Uranium Isotopes in Waters as Radio Ecological 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, Berlin, Germany. -2017.- P. 237-238.
8. Влияние изменений климата на горную экосистему Тянь-Шаня (на примере Иссык-Кульского и Чуйского бассейнов). - Бишкек: Ас-Нур, 2014. - 558 с.
9. Сатылканов Р.А., Динамика оледенения в условиях современного изменения климата на примере ледника Кара-Баткак, хребет Тескей Ала-Тоо. [Текст] / Бажанова Л.В., Сатылканов Р.А., Эрменбаев Б.О.// Вестник КРСУ №5, Бишкек, 2017. с. 189-194.
10. Сатылканов Р.А., Ледовые ресурсы Тянь-Шаня в забронированных ледниках. [Текст] / Шатравин В.И., Маматканов Д.М., Сатылканов Р.А. и др. // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, № 3, 2018, с. 113-119.
11. Сатылканов, Р.А. Анализ изменения запасов воды в сезонном снеге на опорном леднике Кара-Баткак. [Текст] / Саякбаев Д.Д., Сатылканов Р.А., Шатравин В.И.//Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №4, 2019, С.75-80.
12. Matveyeva I. Tuzova T. etc. 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, Berlin, Germany. -2017. - P. 276-277.
13. Матвеева И.В., Тузова Т.В. Методические особенности подготовки водных проб горных рек с ультранизкими концентрациями урана к альфа-спектрометрическим измерениям // Вестник Таджикского национального университета, серия естественных наук, №1/2, 2017, С.151-158.
14. P. Zoriy, M.Schläger, T.Tuzova, M. Zoriy, J. Pillaht, B. Heuel-Fabianek. Assement ofuranium concentration in water samples collected in selected regions of the Kyrgyz Republic // 8-я Международная конференция «Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала».- Курчатов, РК, 2018, С. 327-328.