

УДК 627.157 (282.255.11)

## ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В БАСЕЙНЕ РЕКИ ГУНТ НА ЗАПАДНОМ ПАМИРЕ

Д.А. Абдушукуров, З.В. Кобулиев, Б. Мамадалиев, В.Е. Минаев

Проведено изучение распределения тория и урана в водных объектах: донных отложений, прибрежных почв и растворенной фракции вод в реке Гунт на Западном Памире. Выявлены две аномальные геохимические зоны.

*Ключевые слова:* геохимия; гидрохимия; торий; уран; река Гунт; Памир.

---

## HEAVY METALS IN THE GUNT RIVER BASIN IN THE WESTERN PAMIR

Д.А. Abdushukurov, Z.V. Kobuliev, B. Mamadaliev, V.E. Minaev

The article considers studying of the distribution of thorium and uranium in the water objects: bottom sediment, coastal soils and dissolved fraction of waters in the Gunt river on the western Pamir. Two geochemical anomalous zones are revealed.

*Keywords:* geochemistry; hydrochemistry; thorium; uranium; river Gunt; Pamir.

**Введение.** Река Гунт берёт начало на северных склонах Южно-Аличурского хребта в Восточном Памире. Извилистая долина реки в верховьях имеет корытообразную форму (шириной до 5 км) с плоским заболоченным днищем; ниже превращается в ущелье с крутыми, местами террасированными склонами. Протекает через озеро Яшилкуль, после чего течёт по узкой долине между Рушанским и Шугнанским хребтами [1]. Самым крупным левым притоком является река Шахдара. Возле города Хорог впадает в реку Пяндж.

Длина реки составляет 296 км, площадь бассейна – 13,7 тыс. км<sup>2</sup>. В бассейне Гунта 49 озёр общей площадью 83,3 км<sup>2</sup>. Средний расход воды в устье составляет 103 м<sup>3</sup>/с, максимальный – 136 м<sup>3</sup>/с, минимальный – 72 м<sup>3</sup>/с. Средний расход взвешенных наносов – 17 кг/с. Питание ледниково-снеговое. Половодье приходится на период с конца апреля по сентябрь. Максимальный сток в июле [1].

Истоки реки находятся в Восточном Памире, основная зона формирования стока в Центральном и Западном, а устье реки в Западном Памире.

Бассейн реки Гунт приурочен к области, переходной от тектонического блока Юго-Западного Памира, сложенного преимущественно докембрийскими гнейсам и сланцами, к южной части Центрального Памира, представленной Рушан-Пшартской зоной (вулканогенно-осадочные толщи преимущественно от нижне-каменноугольного до палеогенового возраста). Эта переходная зона сильно ослож-

нена разломами и многочисленными интрузиями, преимущественно гранитоидного состава, отражающими этап мезо-кайнозойской коллизии внутри Индо-Азиатской плитной системы. Возраст отдельных интрузивных комплексов – от юры до неогена (преимущественно мел и палеоген). Длительная, интенсивная тектономагматическая деятельность ведет к образованию на данной территории многочисленных месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Наиболее характерно редкометальное и свинцово-серебряное оруденение. Встречается золотая и редкоземельная минерализация. В Рушанско-Пшартской зоне, в связи с высокоглиноземистыми гранитами джизевского комплекса (Т-Ж), также имеется редкометальное пегматитовое (Li, Be, Ta, Nb и др.) оруденение [2].

Работа посвящена оценке распределения тяжелых металлов, а именно тория и урана, в водных объектах реки Гунт на Западном Памире.

**Методика эксперимента и полученные результаты.** В рамках эксперимента «Навруз» были проведены отборы образцов в реках Гунт и Пяндж [3, 4]. Отбор проб был произведен в период половодья, в летний сезон (июнь-июль месяцы) и межень в осенний сезон (октябрь-ноябрь), на протяжении 3 лет. Методика пробоотбора предусматривала отбор пробы растворенных компонентов речной воды, близлежащих почв, донных осадков.

Список точек отбора проб на реке Гунт, их географические координаты приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

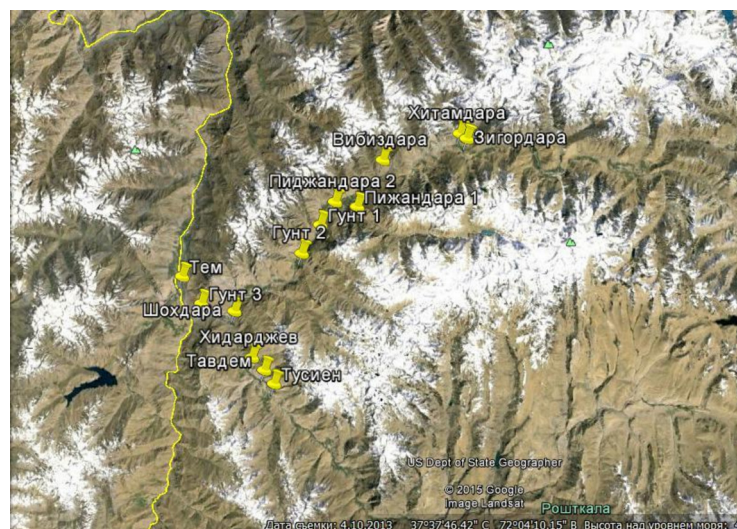


Рисунок 1 – Точки отбора образцов на реке Гунт и ее притоках. Карта получена при помощи программы Google Earth. Желтая линия указывает на границу между Таджикистаном и Афганистаном

Таблица 1 – Описание точек отбора проб и их географические координаты

№ п/п	Река	Позиция		Расположение
		долгота	широта	
1	Зигордара	37,7336	72,0292	Приток р. Гунт
2	Хитамдара	37,7406	72,0170	Приток р. Гунт
3	Вибиздара	37,6948	71,8713	Приток р. Гунт
4	Пиджандара 1	37,6344	71,8276	Приток 1 р. Пиджандара
5	Пиджандара 2	37,6376	71,7956	Приток 2 р. Пиджандара
6	Пиджандара	37,6432	71,7953	Приток р. Гунт
7	Гунт 1	37,6153	71,7620	До водохранилища ГЭС
8	Гунт 2	37,5679	71,7282	Гунт
9	Тусиен	37,3780	71,6685	Приток р. Шохдара
10	Тавдем	37,3936	71,6591	Приток р. Шохдара
11	Хидарджев	37,4010	71,6424	Приток р. Шохдара
12	Шохдара	37,4822	71,5922	Приток р. Гунт
13	Гунт 3	37,4898	71,5330	Хорог
14	к. Тем	37,5374	71,4971	Пяндж

Отобранные образцы направлялись для нейтронно-активационного анализа (НАА) в ИЯФ г. Ташкента и ИЯФ г. Алматы. В Алматы проводился также рентгено-флуоресцентный анализ (РФА) донных отложений и почв. Оба метода (НАА и РФА) дополняют друг друга и вместе позволяют анализировать до 38 элементов.

Такие тяжелые металлы как уран и торий хорошо определяются обоими методами анализа. Для некоторых точек было произведено более чем 5-и кратное измерение концентрации элементов, для этих образцов измеренные концентрации были усреднены.

Элементный состав прибрежных почв практически не зависит от сезона отбора проб. Элементный состав донных отложений может меняться со временем, так как реки и их донные отложения находятся в динамическом режиме. Состав отложений зависит от паводковой ситуации на реках и их притоках. Элементный состав воды сильно зависит от сезона отбора образцов и характера питания рек. В период половодья реки в основном питаются за счет таяния снежников, ледников и паводковых вод, а в межень в составе воды возрастает доля подземного питания, что приводит к увеличению количества растворенных металлов в водах.

Таблица 2 – Распределение тория и урана в образцах донных отложениях, прилегающих почв и в растворенной фракции вод в реке Гунт, кларки в земной коре [5] и кларки речной воды [6]

Реки	Отложения (мкг/г)		Почвы (мкг/г)		Вода (мкг/л)	
	Th	U	Th	U	Th	U
Зигордара	15,70	1,80	нд	нд	нд	нд
Хитамдара	10,10	2,80	нд	нд	нд	нд
Вибиздара	11,90	4,20	нд	нд	нд	нд
Пиджандара 1	55,30	19,10	3,02	5,67	0,011	0,23
Пиджандара 2	32,10	33,30	2,83	4,23	0,014	1,74
Пиджандара	18,37	9,87	1,90	5,89	0,024	3,58
Гунт 1	29,00	3,83	3,33	3,39	нд	нд
Гунт 2	20,27	8,62	4,05	3,17	0,073	3,65
Тусиен	47,40	8,35	2,85	4,00	0,002	0,29
Тавдем	37,40	5,70	1,07	2,15	0,010	0,96
Хидарджев	84,40	40,00	3,48	16,61	0,020	1,22
Шохдара	13,50	1,61	2,65	2,18	0,110	2,12
Гунт 3	17,50	3,62	3,19	2,30	0,054	3,88
к. Тем	24,33	5,40	3,48	3,59	0,041	2,72
Кларк земной коры	6	1,8	6	1,8		
Кларк речной воды					0,1	0,5

Примечание: нд – нет данных

Закономерности распределения тория и урана в донных отложениях, прибрежных почвах и в растворимой фракции вод приведены в таблице 2.

К сожалению, в литературе не существуют рассчитанных кларков для донных отложений, а также кларков почв для некоторых элементов (тория и урана и др.). При расчетах мы пользовались кларками для земной коры. Для высокогорных местностей такой выбор является правильным, так как донные отложения и почвы в основном образуются за счет выветривания горных (материнских) пород. Толщина почвенного покрова незначительна за счет большого уклона рельефа и обилия осадков, которые приводят к интенсивному смыву новообразований на почвах.

Донные отложения в реке в основном формируются за счет выветривания горных (гранитоидов) пород. Почвенные породы, образуемые в верхних притоках, в основном оседают в озере Яшилькуль. Далее река протекает в узком гранитоидном ущелье, что и отражается на элементном составе донных отложений и прилегающих почв. На рисунке 2 представлена картина распределения тория и урана в пробах донных отложений.

Концентрации тория и урана повсеместно превышают их кларковые значения соответственно – 6 и 1,8 мкг/г. Торий широко распространен в центральной части и его концентрация резко падает в притоке Шохдара и в Гунте после впадения последнего притока. Также концентрации тория и урана не велики в реке Пяндж (к. Тем) после впадения Гунта.

Картина распределения тория и урана в образцах почв более сложна и показана на рисунке 3.

Основанием для формирования почв в ущелье Гунта служат аллювиальные террасы вдоль реки. Террасы образованы за счет донных отложений реки и конусов выноса ее притоков, генетически связаны с донными отложениями. Толщина почвенного покрова не велика и основания почв заметно влияют на элементный состав почв. Превышение урана над торием в одной из точек может быть объяснено выносом урановых руд и слабой сорбцией ториевых минералов почвами.

Картина распределения тория и урана в растворенной фракции вод показана на рисунке 4.

Кларк тория в земной коре превышает кларк урана более чем в три раза. Однако минералы и соединения тория гораздо хуже растворяются в воде, чем соединения урана. Концентрация тория в воде повсеместно меньше значений кларка для речных вод (0,1 мкг/л). Концентрация урана в водах за исключением двух притоков выше кларковых значений для речных вод (0,5 мкг/л).

**Обсуждение полученных результатов.** В распределении донных отложений хорошо прослеживаются две геохимические аномалии: Пиджандара 2 и Хидарджев. Концентрация тория и урана в этих точках более чем в десять раз превышают кларковые значения. В тоже время максимумы концентраций в воде и почвах отстают от максимумов в донных отложениях. По распределению металлов в водах



Рисунок 2 – Картина распределения тория и урана в донных отложениях реки

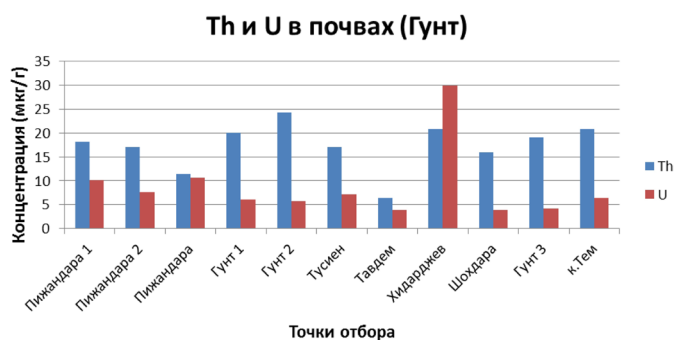


Рисунок 3 – Картина распределения тория и урана в образцах прибрежных почв

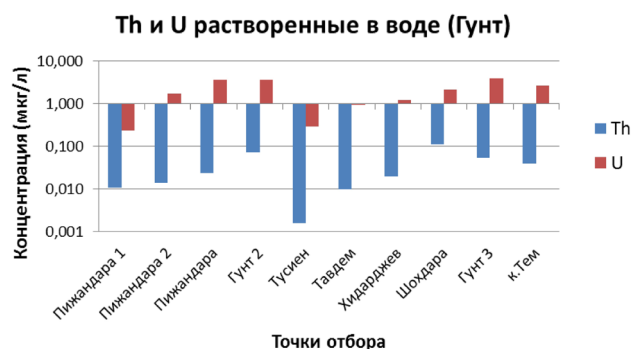


Рисунок 4 – Картина распределения тория и урана в растворенной фракции вод

можно сделать выводы о том, что в зоне рудообразования отсутствуют подземные воды, и основная масса металлов растворяется в воде в основном русле реки. Также относится и к почвам, основная масса почв сформирована в более низком течении рек.

Аномалии Пиджандара 1, 2 и Хидарджев приурочены к северному обрамлению Памиро-Шугнанского гранитного батолита, где в его экоконтактной зоне регулярно прослеживаются линейные поля пегматитов. Последние не имеют промышленного значения, но характеризуются повышенными содержаниями редких и радиоактивных металлов, «лег-

ких» редких земель, других элементов «гранитоидной ассоциации» в противовес «базальтоидной ассоциации»: цинк, сурьма, кобальт, хром, которая для р. Гунт не характерна. Этот геохимический баланс хорошо виден на рисунке 5, где показано отношение измеренных и кларковых содержаний элементов в донных отложениях аномалии Хидарджев, которая является типовой для бассейна р. Гунт.

С избытком в донных отложениях в точке Хидарджев встречаются уран, торий и редкоземельные элементы. Подобное распределение элементов бывает характерно для пегматитовых образований,



Рисунок 5 – КК распределение элементов в донных отложениях реки в точке Хидарджев



Рисунок 6 – Распределение тория в донных отложениях, почвах и воде

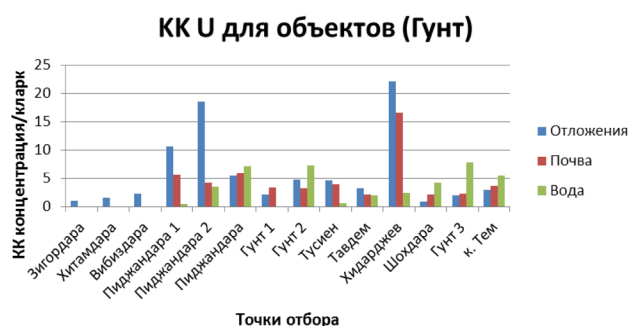


Рисунок 7 – Распределение урана в донных отложениях, почвах и в воде

минералы которых характеризуются повышенным содержанием урана и тория в составе редкоземельных аксессуарных минералов. С недостатком встречаются такие элементы как: скандий, кобальт и хром. Кобальт и хром являются биогенными элементами, необходимые для жизнедеятельности живых организмов. Недостаток хрома был нами отмечен практически повсеместно в пределах Таджикской депрессии (юг Таджикистана) [7, 8].

Геохимические аномалии носят локальный характер, и концентрации металлов резко падают с удалением от этих точек (рисунки 6 и 7).

Наибольшая концентрация тория встречается в донных отложениях реки. В почвах и воде концентрация тория резко падает, в связи с тем, что торий образует труднорастворимые в воде соединения.

Соединения урана по сравнению с торием лучше растворяются в воде и концентрация урана в почвах и воде выше чем тория. Вдали от аномальных точек концентрация урана падает благодаря разбавлению другими водами и донными отложениями.

Максимальные содержания тория и урана наблюдаются в донных отложениях, приуроченных

к местам пересечения экзоконтактов Памиро-Шугнанского массива с пегматитовыми жилами, т.е. четко локализованы, не распространяются ни в донных отложениях, ни в воде вниз по течению (рисунки 4, 6, 7) и фактически не представляют экологической угрозы для водозабора местных кишлаков и удаленных населенных пунктов.

**Заключение.** Проведено изучение распределения тория и урана на 14 точках в водных объектах реки Гунт на Западном Памире. Исследованы образцы донных отложений, прибрежных почв и растворенной фракции вод. Проведен нейтронно-активационный анализ элементного состава проб. Выявлены две аномальные геохимические зоны, в которых концентрации тория и урана превышают кларковые значения в десятки раз. По мере удаления от этих зон концентрации тория и урана заметно падают.

По геохимической специфике распределение элементов в выявленных точках соответствуют распределению элементов в пегматитовых образованиях, о чем свидетельствует повышенное содержание тория, урана и редкоземельных элементов.

Максимальные содержания тория и урана наблюдаются в донных отложениях, приуроченных к местам пересечения экзоконтактов Памиро-Шугнанского массива с пегматитовыми жилами, т.е. четко локализованы, не распространяются ни в донных отложениях, ни в воде вниз по течению и фактически не представляют экологической угрозы для водозабора местных кишлаков и удаленных населенных пунктов.

Авторы выражают благодарность сотрудникам институтов ядерной физики АН Республик Узбекистана и Казахстана за проведенный элементный анализ образцов.

### Литература

1. Гунт // Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
2. Афиногенова Л.Н. Основные черты эндогенной металлогении Южного Памира / Л.Н. Афиногенова. Душанбе: Дониш, 1979. 130 с.
3. Barber D.S. Radioecological Situation in river Basins of Central Asia, Syrdaria and Amudaria According to the Results of the international project "NAVRUZ" / D.S. Barber, B.S. Yuldashev, K.R. Radyrkhanov, et al. // NATO Science Series IV. 2003. V. 33. P. 39–51.
4. Yuldashev B.S. Radioecological monitoring of Transboundary Rivers of the Central Asian Region / B.S. Yuldashev, U.S. Salikhbaev, A.A. Kist [et al.] // J. Radioanal. Nucl. Ch. 2005. V. 263. № 1. P. 219–228.
5. Taylor S.R. Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table / S.R. Taylor // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1964. V. 28. P. 1273–1285.
6. Кларки речной воды по А.П. Виноградову (1967). [Электронный ресурс]: <http://ru.wikipedia.org>
7. Абдушукуров Д.А. Элементный состав донных отложений и прилегающих почв основных притоков Амударьи / Д.А. Абдушукуров, З.В. Кобулиев, Б. Мамадалиев // Наука и новые технологии. Бишкек, 2014. № 6. С. 29–33.
8. Абдушукуров Д.А. Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана. Часть 3. Содержание микроэлементов в водах / Д.А. Абдушукуров, Х. Пасселл, З.Н. Салибаева // Вестник Таджикского нац. ун-та. Серия естественных наук. 2014. 1/3 (134). С. 110–117.