

## ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ВЕРХОВЬЯХ РЕК БАССЕЙНА ЗАРАФШОН

Д.А. Абдушукуров<sup>1,2</sup>, В.П.Солодухин<sup>3</sup>, Г.Б. Анварова<sup>1</sup>,

А. Кодиров<sup>1</sup>, С.Г. Ленник<sup>3</sup>, Ф.И. Шаймурадов<sup>1</sup>

1-Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии,  
Национальной Академии Наук Республики Таджикистан (НАНТ)

2-Физико-технический институт им. С.У. Умарова НАНТ

3-Институт ядерной физики, Министерства энергетики  
Республики Казахстан (ИЯФ МЭ РК)

Летом 2020 года были проведены экспедиционные работы в бассейне р. Зарафшон, где были отобраны образцы воды, донных отложений и прибрежных почв. В Институте ядерной физики Национального ядерного центра Республики Казахстан были проведены элементные анализы образцов на реакторе, в группе нейтронно-активационного анализа, а также рентгено-флуоресцентные анализы образцов.

Данные этих анализов существенно обогатили имеющиеся данные по геохимии реки Зарафшон. Так как в ранних исследованиях были изучены только гидро и геохимия реки Зарафшон, а реке Фондарё испытывающей большую антропогенную нагрузку не было уделено внимание.

В ходе экспедиции проведенной в 2020 году, был отобран 21 образец донных отложений рек Ягноб, Фондарё, Джиджикрут, Искандердарья, Верхний Кумарг и Кумарг, Зарафшон, Шахристан, Могиян и др.

Объектами исследований являются изучение содержания токсичных металлов в донных отложениях реки Зарафшон и ее притоках, а также оценка общего экологического состояния бассейна реки.

Донные отложения горных рек в основном образуются в процессе выветривания горных пород, и на их элементный состав влияют геологические и геохимические особенности бассейнов рек

Пробоотбор был проведен на основной реке ее притоках, а также на хвостохранилище в ущелье Габируд. Из хвостохранилища был произведен отбор пробы хвостов.

Зарафшон и ее притоки являются горными реками с бурным течением. Пробоотбор на таких реках сильно отличается от долинных рек. Если в долинных реках пробоотбор донных отложений осуществляется с лодок в нескольких местах по срезу реки, то в горных реках с хорошим перемешиванием отложений, пробоотбор можно осуществлять с берега реки.

На берегу реки выбирались 4-5 точек отбора отложений. Из каждой точки отбиралось примерно по 0,5 кг образца. Из отобранных образцов удалялись крупные булыжники, древесина и другие органические вещества. Образцы смешивались на куске полиэтиленовой пленки (гомогенизировались) и методом квартования отбиралась  $\frac{1}{4}$  часть образца, но не менее 0,5 кг. Далее образец

помешался в полиэтиленовый пакет и перевозился в полевой лагерь для предварительной сушки образцов. Окончательная сушка и помол образцов производился в лаборатории.

В ходе проведения анализов, в образцах донных отложений, были определены концентрации 40 элементов. Для нашей работы были выбраны только 10 токсичных элементов 1 и 2 класса опасности, а это: **As, Ba, Co, Cr, Hg, Mn, Ni, Sb, Sr, V** и **Zn**. Из них **As** и **Hg** относятся к 1 классу опасности, а остальные ко 2 классу.

Был произведен расчет коэффициента *Igeo* для проанализированных образцов (рисунок 1).

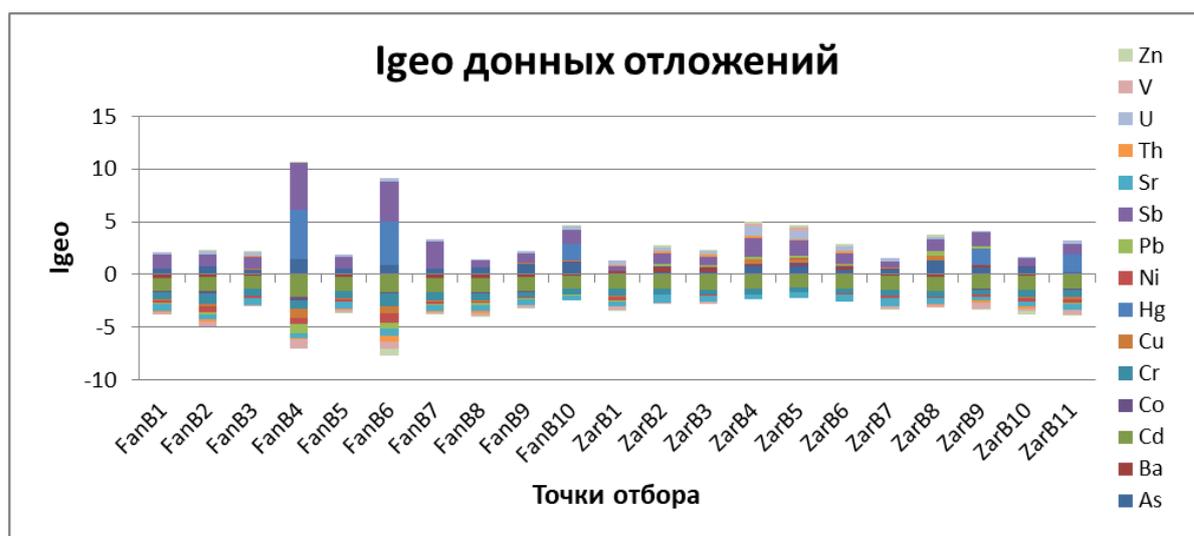


Рисунок 1. - Распределение коэффициента *Igeo* для образцов донных отложений

Средняя концентрация As по бассейну Зарафшон составляет 50 мг/кг, что более чем в 10 раз превышает его кларк. Максимальная концентрация была отмечена непосредственно в точке Джиджикрут3 (217 мг/кг) и по сути они являются месторождениями, (рисунок 2). Концентрация особенно велика в зонах сурьмянно-ртутных месторождений. Наименьшая концентрация в точке Зарафшон 2.



Рисунок 2. - Распределение мышьяка в донных отложениях

Средняя концентрация Sb в бассейне Зарафшон равна 1288 мг/кг. Пространственное распределение Sb образует две аномальные точки с высокими концентрациями: ниже АГОКа в точке Джиджикрут 3, и в хвостохранилище в Габируде, (рисунок 3). Аномалия в точке Джиджикрут 3 образовалась из-за того, что в конце 90-х и в начале 2000-х годов на комбинате произошла техногенная авария, и АГОК на протяжении ряда лет сбрасывал отходы флотации в реку Джиджикрут. Наименьшая концентрация в точке Зарафшон 3 2,5 мг/кг.

Достаточно интересно распределилась ртуть в донных отложениях. Наибольшая концентрация зарегистрирована ниже АГОКа, в точке Джиджикрут 3 и равна 650 мг/кг, что составляет 65000 кларков для почв. Также ртути много в хвостохранилище Габируд 166 мг/кг, это 16600 кларков.

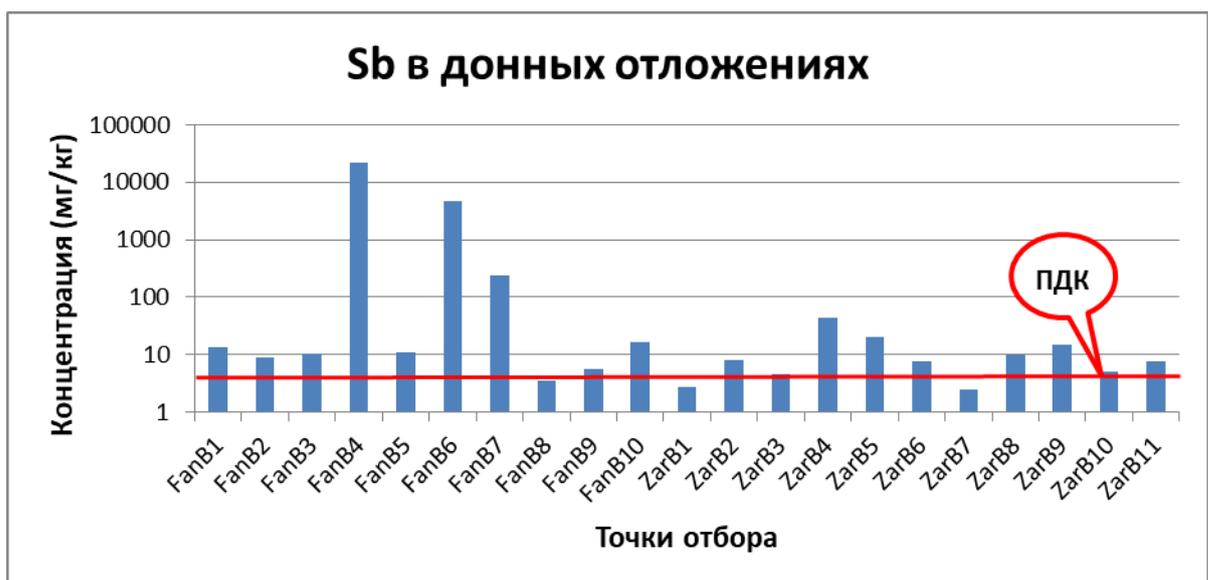


Рисунок 4. - Распределение Sb в образцах донных отложений



Рисунок 5. - Распределение Zn в донных отложениях

Практически все элементы имеют аномальные зоны накопления, эти зоны в основном приурочены к месторождениям цветных металлов. Это сурьмяно-ртутные месторождения Джиджикрута, свинцово-цинковые месторождения Чоре, золоторудные Тарора-Джилау. В то же время есть чистые зоны, в основном в верховьях Фанских гор.

Наиболее сильно загрязнены низовья реки Джиджикрут 3, ниже АГОКа. В 90-х годах прошлого века из-за аварии на пульпопроводе ГОК сбрасывал хвосты флотации непосредственно в реку Джиджикрут, что стало причиной сильного загрязнения донных отложений этой реки, такими металлами как: **As, Cr, Hg, Ni, Sb**.

Концентрации **Co, V** и **Zn** велика на Шахристанском перевале. Высокая концентрация **Zn** может быть связана со свинцово-цинковым рудопроявлением, которое сопровождается повышенным содержанием **Ag**.

Для всех точек отбора мы произвели расчеты отношения концентраций элементов к их кларкам (К/К отношения). Эти отношения, характеризуют способность накопления элементов, и очень важны для геохимии, так как позволяют выявлять геохимические аномалии на местах.

В качестве примера на рисунках 6 – 8 приведены картины К/К отношений для трех участков: сильнозагрязненных Джиджикрут 3, Хвостохранилища (Габируд) и чистого (фонового) участка Калахона.

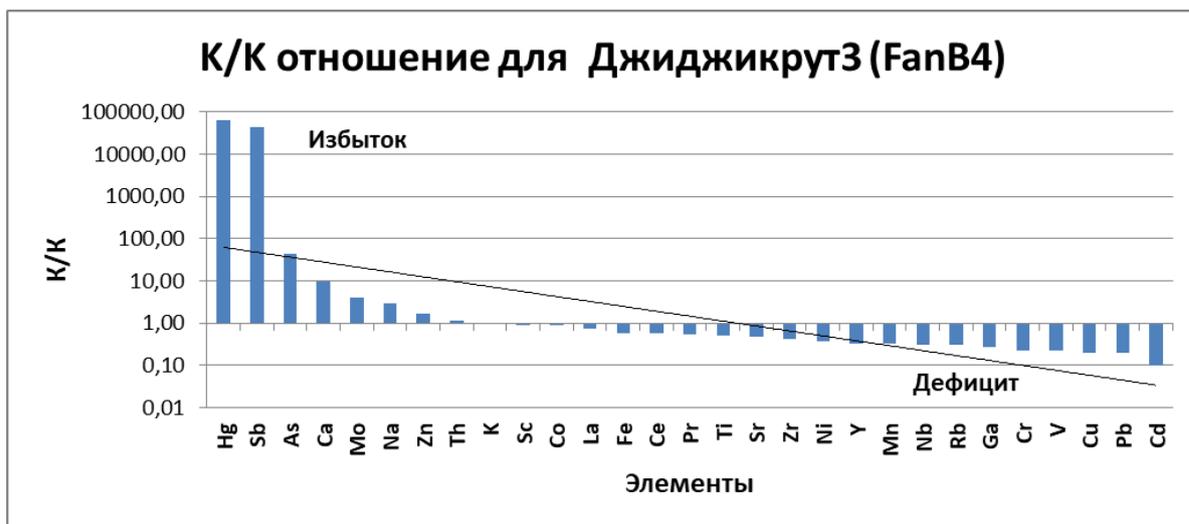


Рисунок 6. - К/К отношение элементов для точки Джиджикрут 3

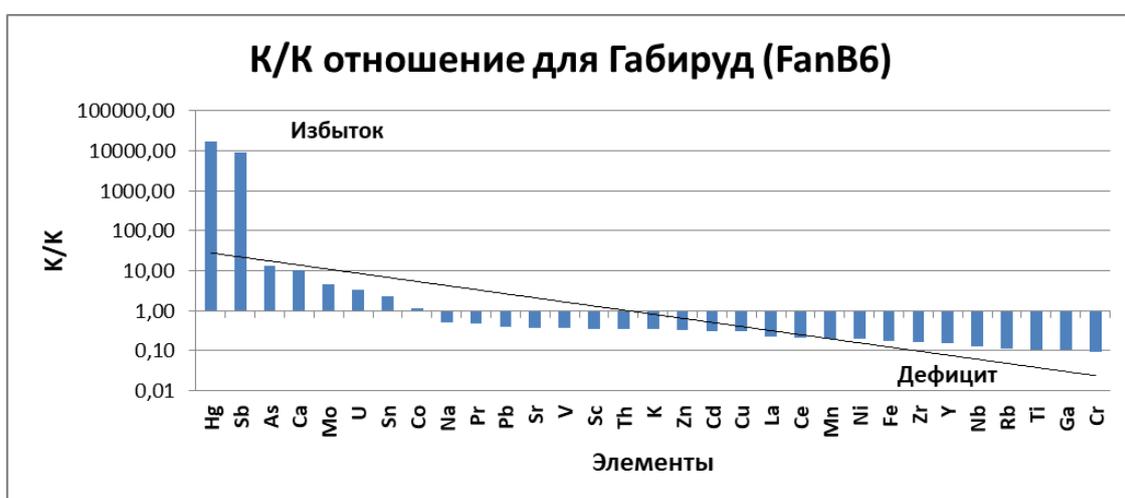


Рисунок 7. - К/К отношение элементов для точки хвостохранилище в Габируде

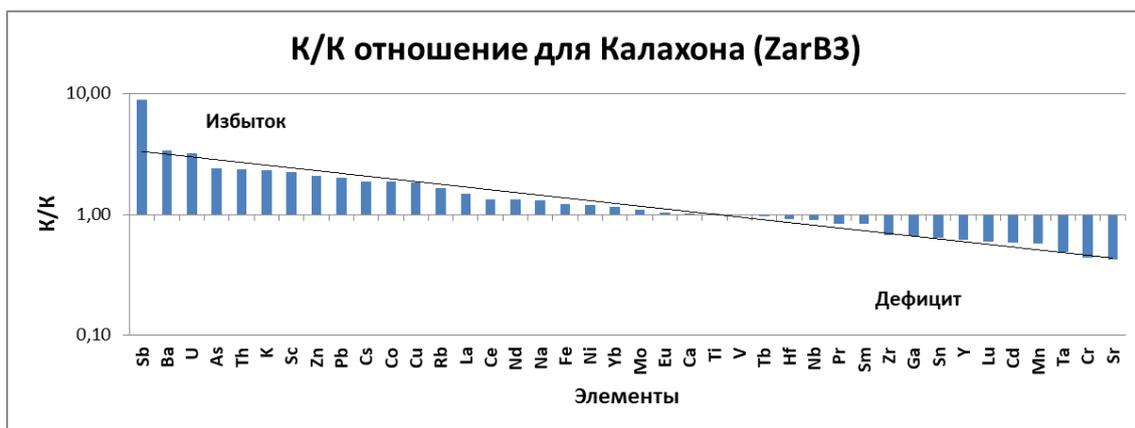


Рисунок 8. - К/К отношение элементов для точки Калахона

В тоже время, в р. Ягноб после АГОКа не наблюдаются сильные завышения концентраций сурьмы и мышьяка. Река Ягноб отличается бурным течением и особенно во время селей донные отложения реки смываются и перемещаются

вниз по течению реки, где накапливаются в водохранилищах и в местах со спокойным течением. Горные реки обладают самоочищающей способностью.

В хвостохранилище накоплено большое количество **Sb** (4605 мг/кг) и **Hg** (166 мг/кг).

Сурьма накопилась из-за технологии обогащения АГОК. Технология обогащения основана на сульфидной флотации сурьмы и ртути, а около 30% сурьмы представлена в оксидной форме, которая является трудно флотируемой и вместе с камерными продуктами переводится в хвосты.

По состоянию на 1991 год в хвостохранилище Габируд было накоплено 8 млн. тонн отходов. Расчеты показывают, что в хвостохранилище накопилось не менее 48000 тонн сурьмы.

Практически все элементы имеют аномальные зоны накопления, эти зоны в основном приурочены к месторождениям цветных металлов. Это сурьмяно-ртутные месторождения Канчоча, Джиджикрута, свинцово-цинковые месторождения Чоре. В то же время есть чистые зоны, в основном в верховьях Фанских гор.

Средняя концентрация **As** по бассейну Зарафшон составляет 50 мг/кг, что более чем в 10 раз превышает его кларк. Максимальная концентрация была отмечена непосредственно в точке Джиджикрут3 (217 мг/кг). Концентрация особенно велика в зонах сурьмяно-ртутных месторождений. Наименьшая концентрация в точке Зарафшон2.

Средняя концентрация **Sb** в бассейне Зарафшон равна 1288 мг/кг. Пространственное распределение **Sb** образует две аномальные точки с высокими концентрациями: ниже АГОКа в точке Джиджикрут 3, и в хвостах на хвостохранилище в Габируде. Аномалия в точке Джиджикрут 3 образовалась из-за того, что в конце 90-х и в начале 2000-х годов на комбинате произошла техногенная авария, и АГОК на протяжении ряда лет сбрасывал отходы флотации в реку Джиджикрут. Наименьшая концентрация в точке Зарафшон 3 2,5 мг/кг.

Средняя концентрация **Zn** в суб-бассейне составила 80 мг/кг, что выше кларковых значений. Максимальная концентрация отмечается на Шахристанском перевале. Минимальное значение в Джиджикруте 2, выше угольных месторождений.

Несмотря на чрезмерно высокую концентрацию токсичных металлов в реке Джиджикрут, их концентрация в донных отложениях после АГОКа (Ягноб 3 и Фондарё) не сильно отличаются от вышележащих точек по реке Ягноб (Ягноб 1 и Ягноб 2). Что можно объяснить, тем, что во время половодья и особенно селей донные отложения рек смываются вниз по течению и накапливаются в водохранилищах и в низовьях рек.

В хвостохранилище накоплено большое количество **Sb** (4605 мг/кг) и **Hg** (166 мг/кг).

Сурьма накопилась из-за технологии обогащения АГОК. Технология обогащения основана на сульфидной флотации сурьмы и ртути, а около 30% сурьмы представлена в оксидной форме, которая является трудно флотируемой и вместе с камерными продуктами переводится в хвосты.

По состоянию на 1991 год в хвостохранилище Габируд было накоплено 8 млн. тонн отходов. Расчеты показывают, что в хвостохранилище накопилось не менее 48000 тонн сурьмы.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Abdusamadzoda, D.A. Abdushukurov, O.G. Dului and I. Zinicovscaia, «Assessment of the Toxic Metals Pollution of Soil and Sediment in Zarafshon Valley, Northwest Tajikistan (Part II)», *Toxics*, 2020, 8, 113; doi:10.3390/toxics8040113
2. Abdusamadzoda, D. Abdushukurov, O. Dului, I. Zinicovscaia, P. Nekhoroshkov, «Geochemical features of the distribution of major and trace elements in sediments and soils of the Zarafshon River Valley». Preprint, *Research square*, 2021, p. 1-27. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-392380/v1>
3. Д.А. Абдушукуров, Д. Абдусамадзода, Г.Б. Анварова, «Токсичные металлы в донных отложениях реки Фондаря, левого притока реки Зеравшан», *Вестник КРСУ*. 2019. Том 19. № 8, стр. 127-134.