

Абдушукуров Д.А.
к.ф.-м.н.,
ведущий научный сотрудник,
Физико-технический институт им. С.У. Умарова
Академии наук Республики Таджикистан
г. Душанбе, проспект Рудаки, 33
эл. почта: akademiyanauk@list.ru

Особенности распределения химических элементов вдоль берегов Кайракумского водохранилища

Аннотация

Приведены данные об особенностях распределения химических элементов в образцах донных отложений и прилегающих почв, отобранных вдоль берегов Кайракумского водохранилища на реке Сырдарья.

Ключевые слова: Гидрохимия, геохимия, рентгено-флуоресцентный анализ, макро- и микроэлементы.

Abdushukurov D.

Features of distribution of the chemical elements along shores of the Kayrakum reservoir

Annotation

Data about the distribution of the chemical elements in the samples of bottom sediments and surrounding soils selected around the shores of Kayrakum water reservoir in the Syr Darya River described.

Key words: Hydrochemistry, geochemistry, Roentgen-fluorescent analysis, macro- and trace-elements.

Водохранилище Кайракумской ГЭС является крупнейшим на севере Таджикистане. Водохранилище было создано для сезонного регулирования стока реки Сырдарья. Водохранилище находится в 4-5 км от Чкаловского горнорудного комбината, специализирующегося на выпуске окиси-закиси урана [1]. Выше по течению реки на территории Кыргызстана находится урановая провинция Майлуу-Суу со своими хвостохранилищами [2] и рудники Таш-Кумур, Кызылджар, Шекафтар, а на территории Узбекистана - рудники Югурсай и Чаркесар. Кроме того, по левому борту Сырдарьи на территории Кыргызстана расположены горно-металлургические комбинаты: ртутный Хайдаркан и сурьмяный Кадамжай.

Автор публикации произвел обработку базы данных по элементному составу образцов донных отложений и прилегающих почв, отобранных вдоль Кайракумского водохранилища, и сделал расчеты для изучения особенностей распределения элементов в образцах и поиска геохимических аномалий.

2. Методика эксперимента

Были проведены экспедиции для отбора донных отложений (41 проба) и почв (21 проба) в прибрежной зоне Кайракумского водохранилища. Схема отбора представлена на рис. 1.

Элементный анализ образцов воды и почв проводился на рентгено-флуоресцентной установке с кремниевым детектором высокого разрешения фирмы "Canberra". Для возбуждения рентгеновского излучения использовалась трубка Eclipse II с регулируемым спектром возбуждения. Кювета с образцами размещалась над входным окном детектора. Толщиной майлара, используемого в кювете, и толщиной входного окна детектора определялся нижний порог регистрируемого излучения. Установка позволяла надежно регистрировать характе-

ристическое излучение элементов, начиная с калия, с энергией излучения 3,3 кэВ и до урана. Всего регистрировались 25 элементов. Результаты показали, что установка с трубкой Eclipse II позволяет получить для некоторых элементов чувствительность анализов не хуже 2×10^{-6} г/г или 2 ppm[3].

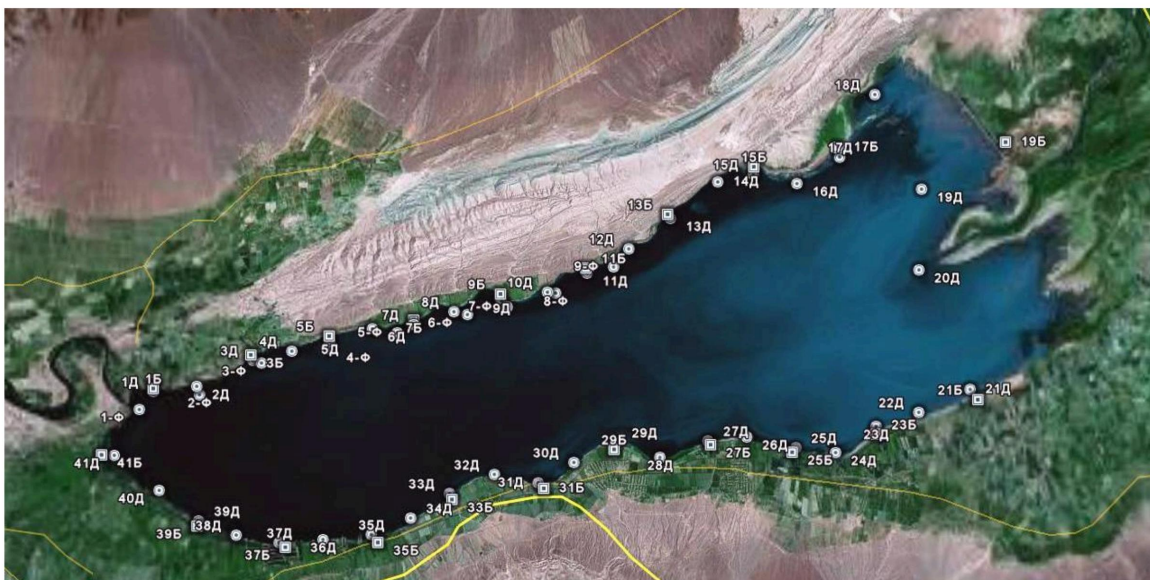


Рис. 1. Схема отбора проб в прибрежной зоне Кайракумского водохранилища:
Б- образцы почв, Д- образцы донных осадков.

3. Анализ полученных результатов

Особое внимание при проведении работ было уделено исследованию распределения урана и тория в образцах (рис. 2, 3). Распределение тория в донных отложениях примерно соответствует его распределению в почвах, преимущественно на северном берегу и недостатку на южном берегу.



Рис. 2. Распределение урана и тория в донных осадках вдоль берегов Кайракумского водохранилища.

Более интересно уран и торий распределены в образцах почв. Торий преимущественно сконцентрирован на северном берегу, а уран на южном. Отдельно можно выделить повышенное содержание урана в точке 40 и повышенное содержание тория в точках 19 и 20. Точка 40 расположена вблизи от Чкаловского комбината, и по словам старожилов, там в 50-70 годы водители мыли свои самосвалы после выгрузки урановых концентратов. Это могло приве-

сти к локальному загрязнению почв. В этих же точках также наблюдается повышенное содержание селена и мышьяка, которые являются сопутствующими элементами при добыче урана.



Рис. 3. Распределение урана и тория в образцах почв вдоль берегов водохранилища.

Повышенное содержание тория в образцах почв в точках 19 и 20 по нашему мнению связано с техногенной аварией на хвостохранилище Майлы-Суу. За время эксплуатации водохранилища произошло значительное заиливание дна. Фактически почвы на восточном берегу в конце 50-60 гг. прошлого столетия находились под водой и являются старыми донными отложениями. В ходе аварии на Майлы-Суу в воду поступили хвосты уранового производства. Степень извлечения урана из руд по старой технологии была невысока – примерно 70-80%. Уран в основном седиментировался на протяжении первых 20 км реки Майлуу-Суу [4], однако часть урана могла достичь водохранилища. Соединения тория являются трудно-растворимыми, и могут мигрировать на большое расстояние в механической форме совместно с илом.

Используя корреляционную функцию Microsoft Excel, были изучены корреляции концентраций 25 элементов, содержащихся в образцах почв и донных осадков (всего 300 возможных комбинаций). Только четыре пары элементов (кальций-скандий, бром-рубидий, бром-иттрий, и рубидий-иттрий) обладают коэффициентом корреляции $R^2 > 0,8$. При отдельном рассмотрении линейной корреляции для образцов почв были получены коэффициенты $R^2 > 0,9$ для таких пар элементов, как кобальт-цинк, рубидий-иттрий, цирконий-молибден, германий-торий, мышьяк-уран, бром-рубидий. В тоже время корреляция между этими парами в образцах донных осадков значительно хуже. К вопросу о корреляции данных надо подходить осторожно, так как содержания таких элементов, как галлий, уран, торий и мышьяк в образцах малы, соответственно увеличивается ошибка в определении концентрации этих элементов и уменьшается коэффициент линейной корреляции. Недостаточно хорошая линейная корреляция наблюдается для концентрации макроэлементов (калий, кальций, титан, магний и железо). Это может быть связано с большим уклоном почв в прибрежной зоне, что приводит к смыву и перемешиванию поверхностных слоев почвы, а также может свидетельствовать о различном геологическом строении берегов.

В качестве примера на рисунке 4 показана математическая корреляция между содержанием кальция и скандия в образцах.

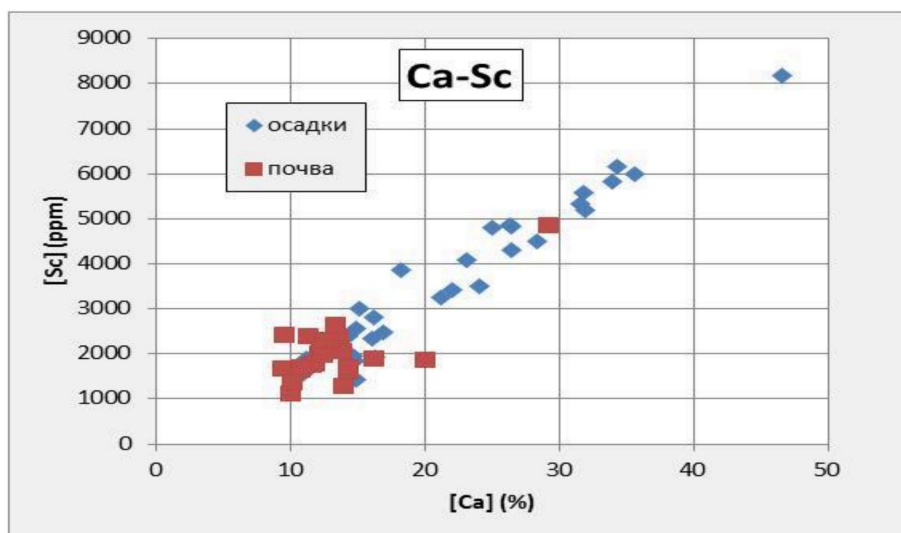


Рис. 4. Корреляция между концентрациями кальция и скандия в образцах почв и донных осадков, отобранных вдоль берега Кайракумского водохранилища.

Распределение скандия хорошо повторяет распределения кальция с коэффициентов корреляции (R^2) = 0,96, как в образцах почв, так и в донных осадках. Скандий и кальций преимущественно распространены на южном берегу.

Так как образцы почв в точках 19 и 20 являются более старыми донными отложениями, можно предположить, что в них накоплены преимущественно илы основных истоков Сырдарьи - рек Нарын и Карадарья. До 1973 г., до начала затопления Токтогульского и Андижанского вдхр, реки Нарын и Карадарья выносили не менее 75% взвесей, которые образовали основную массу илов, накопленных выше Кайракумского вдхр. Ситуация резко изменилась после 1973 г., когда начали накапливаться илы в Токтогульском и Андижанском вдхр. Основным поставщиком ила в Кайракумское вдхр стали боковые притоки Сырдарьи - реки Исфайрамсай, Сох, Исфара, Акбура, Шахимардан и др. Многие из этих рек в вегетационный период полностью разбираются для целей ирригации, однако весной и ранним летом, в период половодья и селей, эти реки достигают Сырдарьи.

На рис.5 представлены результаты расчета отношения концентраций элементов в донных осадках из точки 20Б к образцам почвы, в точке 20Д, то есть отношению элементов в образцах более молодых к старым донным осадкам.

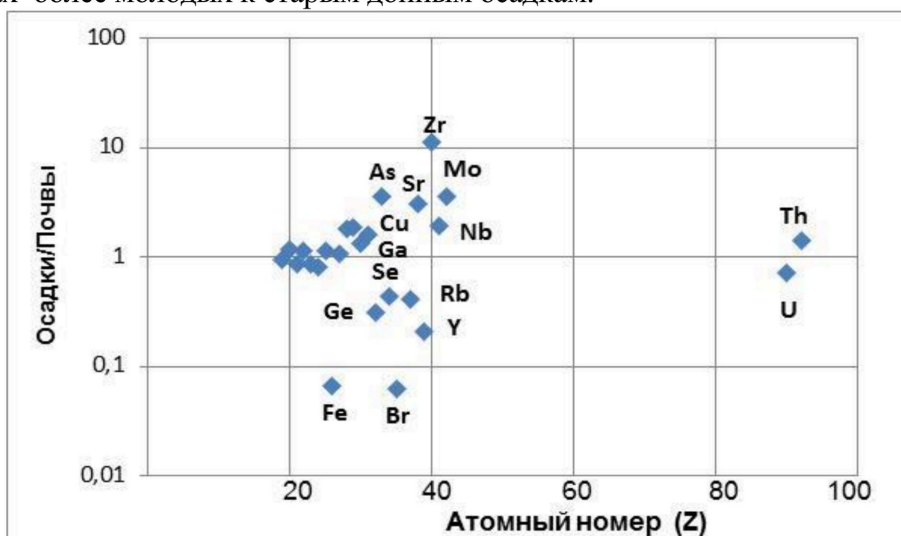


Рис. 5. Отношение содержания элементов в донных осадках к их содержанию в почвах на входе в водохранилище (точка 20).

Из рис. 5 видно, что такие элементы как железо, селен, рубидий, иттрий и торий выносились в основном из верхних истоков Сырдарьи - рек Нарын и Карадарья. Такие элементы как мышьяк, стронций, цирконий и уран в основном выносятся боковыми притоками Сырдарьи.

Были проанализированы отношения концентраций элементов в донных образцах, отобранных на входе и выходе Кайракумского вдхр (рис. 6). Оказалось, что практически все элементы за исключением кальция, хрома, железа, германия, мышьяка, брома, стронция и церия принесены из верховий Сырдарьи. Следовательно, Кайракумское вдхр является хорошим фильтром-отстойником в среднем течении р. Сырдарья.

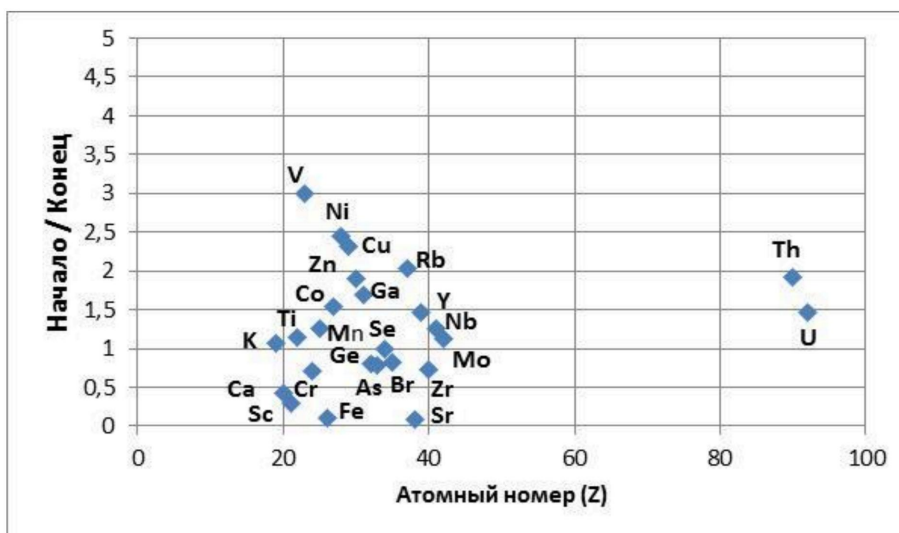


Рис. 6. Отношение содержания элементов в донных образцах на входе (точка 20Б и выходе (точка 1Б) из водохранилища.

Были проанализированы распределения элементов в образцах почв северного и южных берегов. Для этого были усреднены значения концентраций по 10 точкам с севера и юга. Результаты показаны на рис.7. Легкие элементы распределены более или менее равномерно и отношение их концентраций близко к единице. Основные различия начинаются для тяжелых металлов. С отношением больше единицы, с преимущественным распространением на севере встречаются следующие элементы: германий, селен, бром, рубидий, иттрий и торий. На юге преимущественно распространены следующие элементы: мышьяк, стронций, церий, молибден и уран. Подобное различие может свидетельствовать о том, что два берега имеют разное геологическое строение.

Были проанализированы образцы почв и донных осадков на их соответствие среднему содержанию элементов в почвах (кларку) [5] и в земной коре [6]. Результаты представлены на рис. 8, 9. При расчетах использовались усредненные значения элементов по всему водохранилищу. В образцах почв три элемента селен (100 раз), кобальт (47 раз), скандий (29 раз) и бром (14 раза). В тоже время наблюдается дефицит таких элементов как марганец, железо, хром, титан, никель, медь, церий и торий.

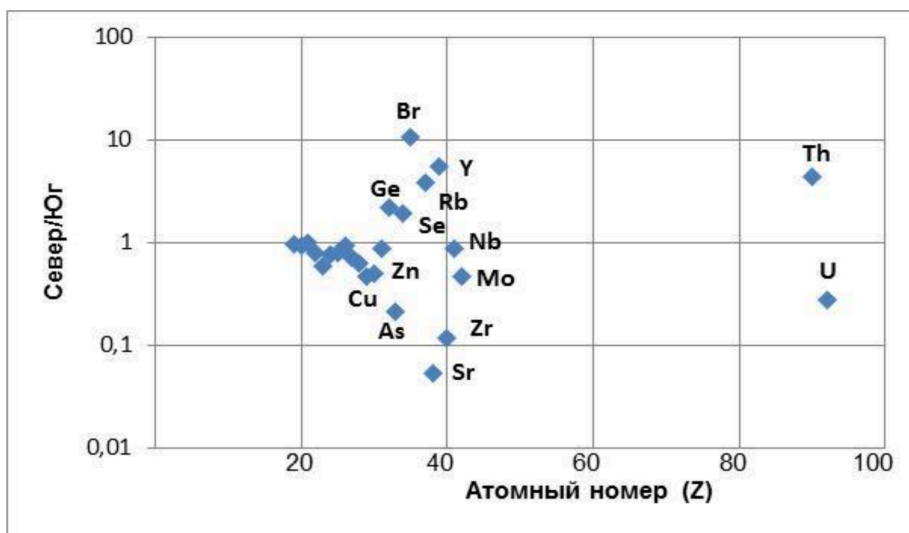


Рис. 7. Отношение концентраций элементов в образцах почв северного и южного берега водохранилища.

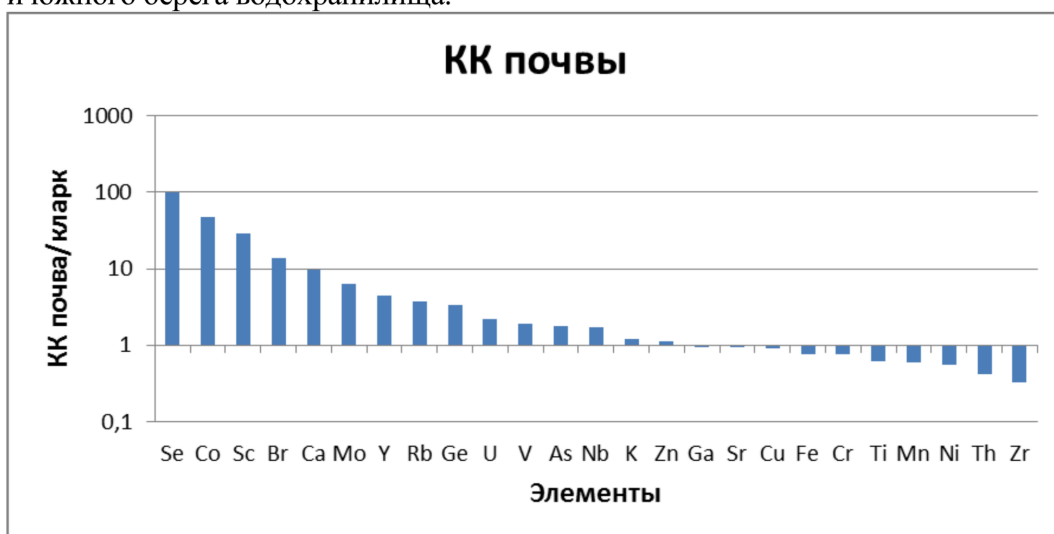


Рис. 8. Отношение содержания элементов в образцах почв к кларку (КК) в почвах.



Рис.9. Отношение содержания элементов в образцах донных осадков к их кларку (КК).

В образцах донных осадков концентрация скандия заметно превышает кларк (более 200 раз), селен (60 раз) и бром (24 раз). Отношение концентраций урана к кларку близко к единице (1,05), это же отношение для тория заметно ниже (0,5).

Заключение

Рентгено-флуоресцентным методом проведен анализ макро- и микроэлементного состава образцов донных отложений (41 проба) и прилегающих почв (21 проба) вдоль берегов Кайракумского водохранилища на р. Сырдарья.

Обнаружено, что такие элементы как железо, селен, рубидий, иттрий и торий выносятся в основном из верхних истоков Сырдарьи - рек Нарын и Кара-Дарья, а мышьяк, стронций, цирконий и уран в основном выносятся боковыми притоками Сырдарьи.

С преимущественным распространением у северных берегов встречаются германий, селен, бром, рубидий, иттрий и торий; у южных берегов преимущественно распространены мышьяк, стронций, церий, молибден и уран, что свидетельствует о том, что два берега имеют разное геологическое строение.

В образцах почв ряд элементов имеет значительное превышение над кларком: селен в 100 раз, скандий в 29 раз, кобальт в 23 раза, бром в 14 раза. В тоже время наблюдается дефицит таких элементов, как марганец, железо, никель, медь, церий и торий.

В образцах донных осадков превышение над кларком обнаружено для скандия (более чем в 200 раз) и селена (в 60 раз) .

Отношение концентрация урана к кларку близко к единице (1,05), а для тория в 2 раза ниже.

Следовательно, Кайракумское водохранилище играет роль хорошего фильтра-отстойника в среднем течении Сырдарьи.

Список литературы:

1. Nuclear Heritage of Soviet Union in Tajikistan: Problems and Ways Forward /U. M. Mirsaidov, N. Khakimov, Kh. M. Nazarov // Materials of the International Conference “Addressing the Issues of Potential Terrorism and Guarding Against Weapons of Mass Destruction in Central Asia” -Dushanbe, Tajikistan, 2010, с.
2. Торгоев И.А. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана/ Торгоев И.А, Алешин Ю.Г. - Бишкек: Илим, 2009.
3. D.A. Abdushukurov, H.D. Passell, T.T. Vandergraaf. “Geochemistry of the Kayrakum reservoir on Central Asia’s Syr Darya”, ISBN: 978-3-659-61388-3, Academic Publishing “Lambert”, FRG, 2014, pp. 1-90.
4. Урановые рудники Майлуу-Суу и их воздействие на окружающую среду Кыргызстана и приграничные районы Узбекистана /Опарин В.Б. //, Materials of the International Conference: Problems of Radioecology and Waste Management of Uranium Production in Central Asia - Issuk- Kul, 2011.
5. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / Виноградов, А. П.// Геохимия, 1962, № 7, с. 555—571.
6. S.R. Taylor, Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table /S.R. Taylor// «Geochemical et Cosmochimica Acta», 1964, v. 28. p. 1273-1285.