

*Абдушукуров Д.А., Кобулиев З.В., Мамадалиев Б.Н.*

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПОЧВ  
ОСНОВНЫХ ПРИТОКОВ АМУДАРЬИ**

*D.A. Abdushukurov, Z.V. Kobuliev, B.N. Mamadaliev*

**ELEMENTAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS AND ADJACENT SOILS ON  
THE MAJOR TRIBUTARIES OF AMYDARIYA**

УДК: 55.556

Приведены результаты обработки и интерпретации данных по геохимии донных отложений и прилегающих почв в устьях основных притоков Амударьи: рек Пяндж, Вахи и Кафирниган. Данные по элементному составу образцов были получены в трех разных лабораториях Института ядерной физики Узбекистана и Казахстана. Использовались методы нейтронно-активационного и рентгено-флуоресцентного анализов. Всего в образцах были определены концентрации 38 элементов. Среди элементов были определены 6 макроэлементов и микроэлементы, включая редкоземельные. Выявлены радиохимические закономерности распределения элементов в реках. Проведено сравнение концентрации элементов с их кларковыми значениями.

**Ключевые слова:** геохимия, донные отложения, почва, нейтронно-активационный анализ, рентгено-флуоресцентный анализ.

Results of processing and interpretation of geochemistry data of bottom sediments and surrounding soils in the mouths of the main tributaries of the Amu Darya River: Panj, Vakhsh and Kafirnigan. Data on the elemental composition of the samples were obtained in three different laboratories of the Institute of Nuclear Physics of Uzbekistan and Kazakhstan. Methods were used neutron activation and X-ray fluorescence analysis. In all samples were determined concentrations of 38 elements including six macro-elements, trace elements and rare earth's. Radiochemical revealed patterns of distribution of elements in rivers described. A comparison of the concentration of elements with their abundance values was calculated.

**Keywords:** geochemistry, bottom sediments, soil, neutron activation analysis, X-ray fluorescence analysis.

**Введение**

В продолжение обработки и интерпретации ранее полученных данных об элементном составе образцов донных осадков рек и прилегающих почв в устье рек бассейна Аральского моря [1], данная работа посвящена обработке результатов, полученных по образцам, отобраным при слиянии трех основных притоков Амударьи - рек Пяндж, Вахш и Кафирниган.

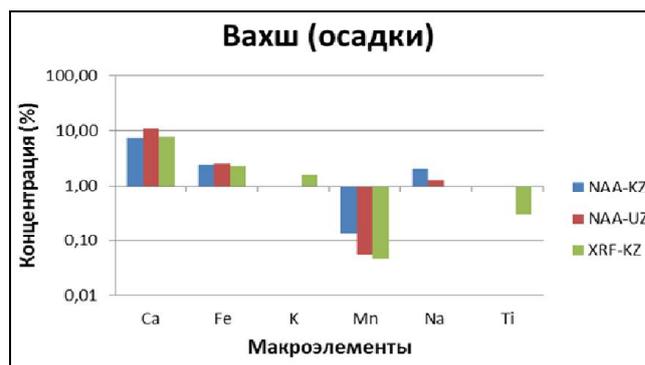
**Методика эксперимента**

В ходе проведения полевых работ был произведен отбор образцов донных осадков и прилегающих почв в трех точках: на реке Пяндж (поселок Нижний Пяндж, координаты 37,1975; 68,6097); на реке Вахш в 1 км выше слияния с Пянджем (координаты 37,1342;68,2927); и на реке Кафирниган выше слияния с Амударьей (координаты 36,9463; 68,0413).

Собранные пробы высушивались, размалывались и отправлялись в три независимые аналитические лаборатории на нейтронно-активационный (NAA) и рентгено-флуоресцентный (XRF) анализ [1].

Оба метода дополняют друг друга и вместе позволяют анализировать 38 элементов: макроэлементы (в алфавитном порядке): Ca, Fe, K, Mn, Na, Ti и микроэлементы: As, Au, Ba, Br, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Eu, Ga, Hf, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Rb, Sb, Se, Sr, Sc, Sm, Ta, Th, U, V, Y, Yb, Zn, Zr. Из них 14 элементов: K, Ti, Br, Cu, Ga, Mo, Nb, Nd, Ni, Se, Sr, V, Y, Zr, определяются только при помощи XRF-KZ, остальные элементы определяются методом NAA, или двумя методами одновременно. Элементы с концентрацией <1 мкг/г (ppm) могут быть определены только при помощи NAA.

В качестве примера на рис. 1 приведены данные по содержанию 6 макроэлементов в образце донного отложения, отобранного на р. Вахш.



**Рис. 1.** Макроэлементы в донных осадках р. Вахш по результатам измерений в трех лабораториях.

Из рис.1 видно, что кальций, железо и марганец хорошо определяются обоими методами анализа. Натрий определяется только методом NAA, а калий и титан - методом XRF.

Выявлено небольшое завышение показаний по концентрации кальция определенное в NAA-UZ. Подобное завышение носит систематический характер и присуще всем образцам. В образце почвы (Вахш) оно составляет +12% от среднего значения концентраций. Учитывая, что ошибка измерения для NAA ±10%, подобное завышение не является критичным. Были проведены расчеты ошибок для всех 6 образцов, которые в дальнейшем учитывались при расчете концентраций.

На рис. 2 показано распределение концентраций микроэлементов в образце донных отложений, отобранных на р. Пяндж.

Учитывая, что разброс данных трех независимых анализов не превышает ошибок измерений, в дальнейшем использовались усредненные данные.

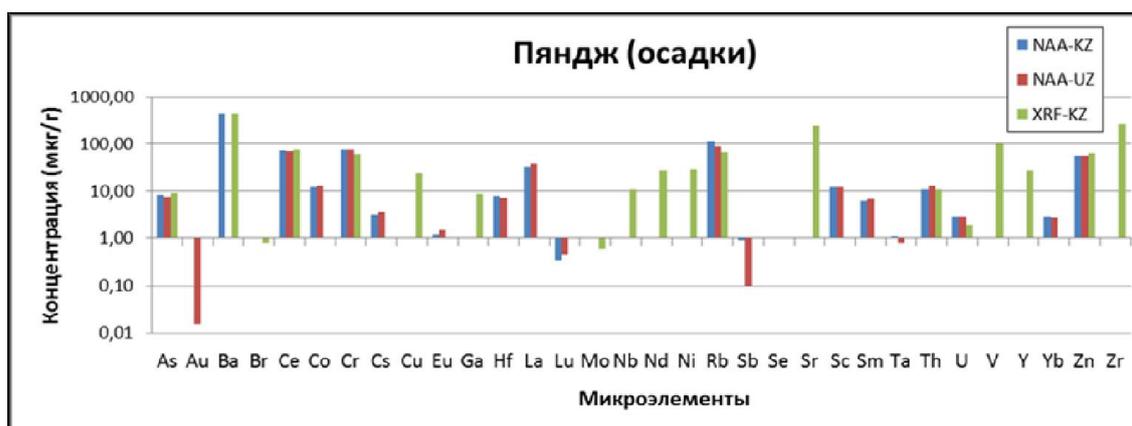


Рис. 2. Макроэлементы в донных осадках р. Пяндж по результатам измерений в трех лабораториях.

### Результаты анализа макроэлементов

Деление элементов на макро- и микроэлементы является достаточно условным и разные авторы по разному трактуют эти определения. В своих исследованиях мы придерживаемся определения, что к макроэлементам относятся элементы, кларк которых в земной коре превышает 0,1%.

На рисунках 3-5 приведены усредненные по трем независимым анализам значения концентраций 6 макроэлементов в трех реках.

Пяндж, левая составляющая р. Амударьи. Длина 921 км, площадь бассейна 114 000 км<sup>2</sup>. Протекает преимущественно в узкой долине. Питание ледниково-снеговое. Средний расход воды 1000 м<sup>3</sup>/сек [2]. Вода в реке солоноватая (концентрация солей 520 мг/л) [3]. Концентрация растворенных в воде макроэлементов: Ca - 40±4 мг/л; Fe - 0,19±0,02 мг/л; Mn - 0,0050± 0,0005 мг/л; Na - 52,3±0,5 мг/л [3].

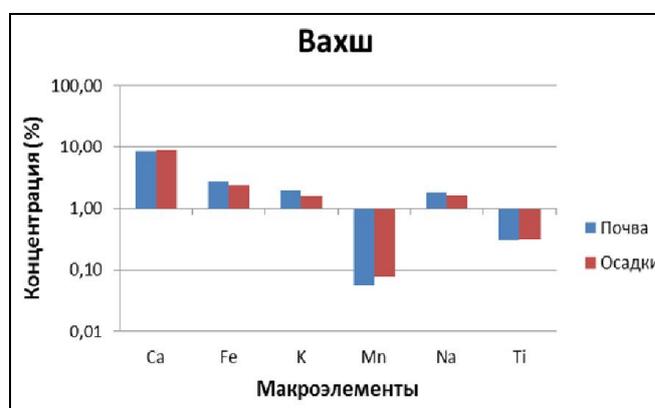


Рис. 4. Макроэлементы в почве и донных осадках р. Вахш.

Вахш - правая составляющая Амударьи. Длина реки 524 км, площадь бассейна 39,1 тыс. км<sup>2</sup>. Средний расход воды 660 м<sup>3</sup>/с [4]. Вода в реке солоноватая (концентрация солей 650 мг/л) [3]. Концентрация растворенных в воде макроэлементов: Ca 135±15 мг/л; Fe 0,27±0,03 мг/л; Mn 0,009±0,001 мг/л; Na 71±7 мг/л [3].

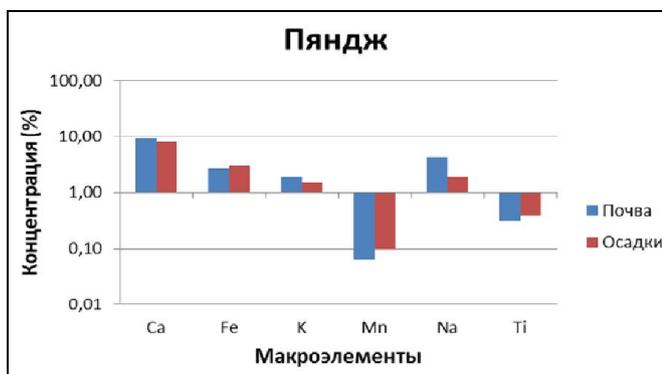


Рис. 3. Макроэлементы в почве и донных осадках р. Пяндж.

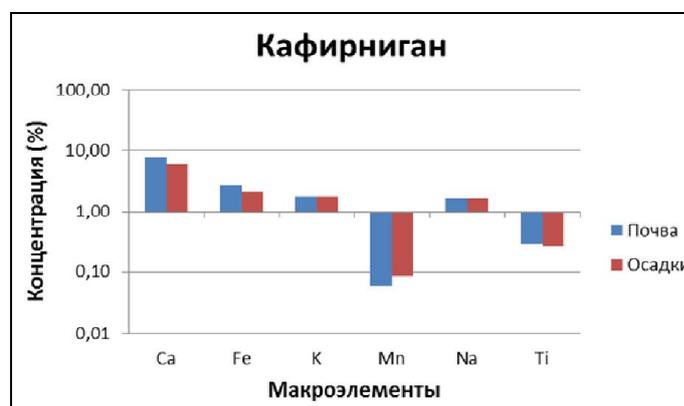


Рис. 5. Макроэлементы в почве и донных осадках р. Кафирниган.

Кафирниган – правый приток Амударьи. Длина реки 387 км, площадь бассейна 11,6 тыс. км<sup>2</sup>. Средний расход воды 156 м<sup>3</sup>/с [5]. Вода в реке пресная (концентрация солей 130 мг/л) [3]. Концентрация растворенных в воде макроэлементов: Са - 27±3

мг/л; Fe - 0,17±0,02мг/л; Mn - 0,009±0,001 мг/л; Na 6,8 ±0,7 мг/л [3].

Концентрации микроэлементов в тех же точках и приведены на рис. 6-8.

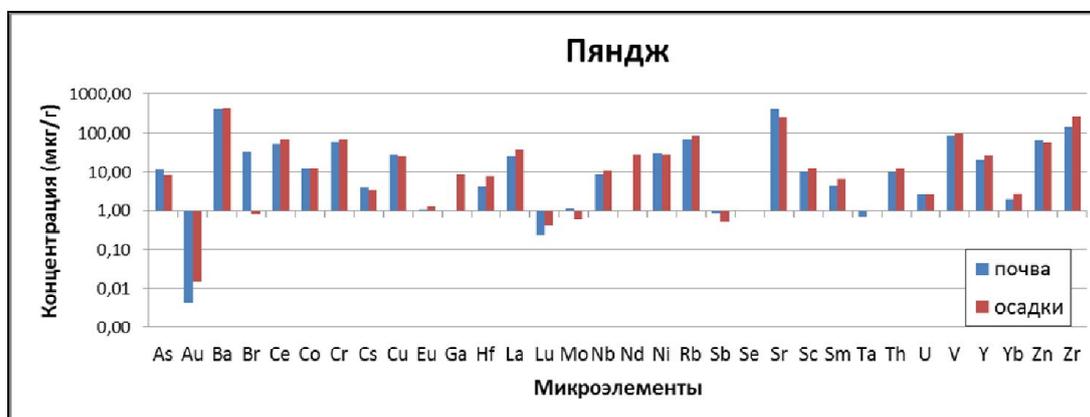


Рис. 6. Микроэлементы в почве и донных осадках р. Пяндж.

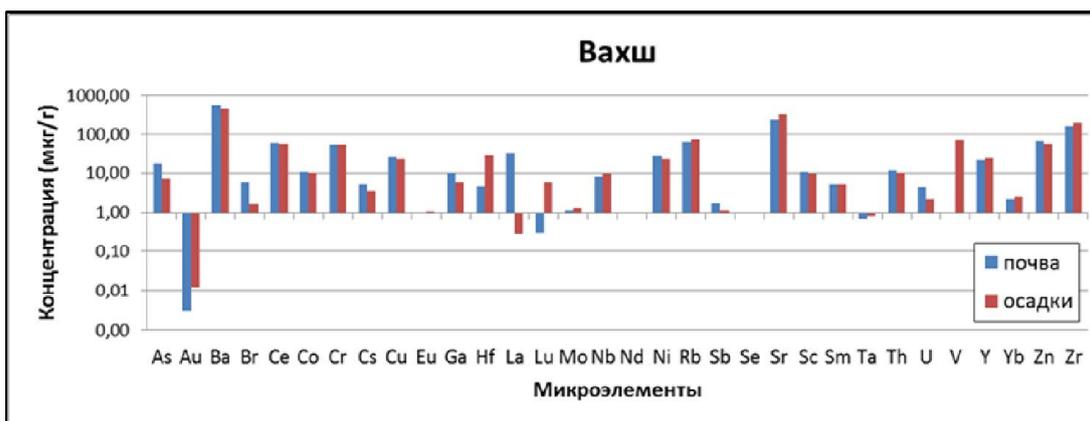


Рис. 7. Микроэлементы в почве и донных осадках р. Вахш.

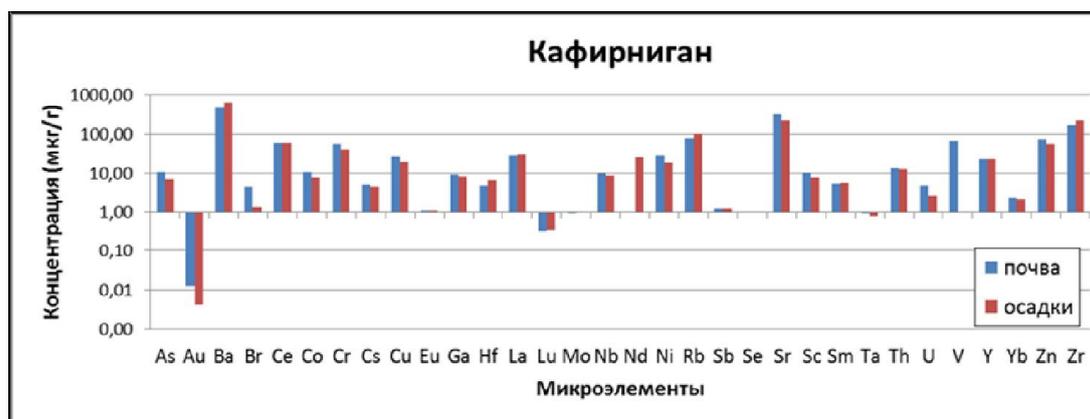


Рис. 8. Микроэлементы в почве и донных осадках р. Кафирниган.

**Обсуждение полученных результатов**

Результаты определения концентраций макроэлементов в (%), погрешностей измерений и их кларковые содержание приведены в табл.1.

Макроэлементы притоков Амударьи

Реки	Объект	Ca (%)	Fe (%)	K (%)	Mn (%)	Na (%)	Ti (%)
Пяндж	Почва	9,16±5,43	2,71±0,5	1,84±0,16	0,063±0,009	4,21±0,01	0,31±0,02
	Осадки	8,13±2,47	2,96±0,27	1,46±0,1	0,099±0,007	1,85±0,15	0,4±0,03
Вахш	Почва	8,43±1,16	2,84±0,27	2±0,16	0,056±0,01	1,86±0,23	0,29±0,02
	Осадки	8,7±0,17	2,41±0,13	1,57±0,15	0,08±0,06	1,67±0,37	0,3±0,02
Кафирниган	Почва	7,75±1,89	2,66±0,16	1,79±0,15	0,06±0,01	1,62±0,02	0,29±0,02
	Осадки	6,09±1,59	2,1±0,21	1,76±0,15	0,084±0,008	1,65±0,22	0,27±0,02
Кларк	Почва	1,37	3,8	1,36	0,085	0,63	0,46
	Осадки	4,15	5,63	2,09	0,09	2,36	0,57

Кларк элементов в почвах приведен по данным А.П.Виноградова [6], а в донных осадках в соответствии с кларками в земной коре - по данным С.Р.Тейлора [7].

Во всех образцах обнаружено почти двукратное превышение содержания кальция над кларком, что характерно для всех рек Таджикистана, так как основную массу горных пород составляют известняки. Содержание марганца в образцах примерно соответствует кларку. Остальных элементов меньше кларка.

По распространённости макроэлементы распределены следующим образом Ca > Fe > Na > K > Ti > Mn. За исключением кальция и железа распределение соответствует геохимической специфике элементов.

Образец почвы, отобранный в Пяндже, показал четырехкратное превышение натрия над средним уровнем. Скорее всего почвы в точке отбора представляли собой солончаки.

Более сложно в образцах распределены микроэлементы. По степени распространённости элементы распределены следующим образом: Ba > Sr > Zr > V > Rb > Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Th > Nb > Ga > As > Cs > U > Br > Mo > Sb > Ta > Au.

Микроэлементы Ce, Eu, La, Lu, Sc, Sm, Tb, Yt, Yb относятся к группе редкоземельных элементов. Редкоземельные элементы имеют близкие химические свойства; встречаются в природе редко, в рассеянном состоянии. Элементы с четным атомным номером распространены заметно чаще, чем с нечетным номером. В природе часто встречаются в одних и тех же минералах [8].

По распространённости РЗЭ распределены следующим образом: Ce > Y > Sc > Sm > Hf > Yb > Eu > Lu. Такое распределение находится в соответствии с кларковым распределением.

В отобранных образцах почв наблюдается превышение концентрации над кларком в почвах для следующих элементов: As, Br, Co, Cu, Rb, Sb и Zn. Наблюдается дефицит следующих элементов: Cr, Ga, Mo, Ta, V и Zr. Кларки в почвах для многих элементов неопределены. Такие элементы как: Br,

Co, Cu, Cr, Sr, V, Zn и Zr являются биогенными элементами, крайне необходимыми для жизнедеятельности растений и других живых организмов.

В донных отложениях более чем с трехкратным превышением над кларком встречаются такие токсичные элементы как As и Sb. В реках Пяндж и Вахш отмечается также трехкратное завышение над кларком для Au, хотя в Кафирнигане концентрация соответствует кларку. Также с превышением над кларком встречаются: Ba, Cs, Hf, ThZr. Наблюдается дефицит таких элементов как: Br, Co, Cr, Cu, Ga, Lu, Nb, Ni, Sr, Sc, Ta, V, Y, YbZn. Содержание элементов: Rb, La, Sm, Mo и U примерно соответствуют своим кларковым значениям.

В образцах почв накапливается больше As, Br, Mo, Ni, Sb, Sr, U и Zn. В донных осадках рек Пяндж и Вахш накапливается Au практически в 5 раз больше чем в образцах почв. Соединения Br легко растворимы, встречаются в основном в почвах, в донных отложениях они растворяясь в воде, уносятся вниз по течению.

#### Заключение

Проведена обработка и интерпретация данных об элементном составе донных отложений и прилегающих почв на месте слияния основных притоков Амударьи рек: Пяндж, Вахш и Кафирниган.

По распространённости макроэлементы распределены следующим образом Ca > Fe > Na > K > Ti > Mn. За исключением кальция и железа распределение соответствует геохимической специфике элементов. Во всех образцах обнаружено почти двукратное превышение содержания кальция над кларком, что характерно для всех рек Таджикистана.

Более сложно в образцах сконцентрированы микроэлементы и по степени распространённости элементы распределены следующим образом: Ba > Sr > Zr > V > Rb > Zn > Cr > Ni > Cu > Co > Th > Nb > Ga > As > Cs > U > Br > Mo > Sb > Ta > Au.

Проведено сравнение концентрации микроэлементов с их кларковыми значениями. В образцах почв наблюдается превышение концентрации над кларком в почвах для следующих элементов: As, Br, Co, Cu, Rb, Sb и Zn. Наблюдается дефицит следую-

щих элементов: Cr, Ga, Mo, Ta, V и Zr. В донных отложениях более чем с трехкратным превышением над кларком встречаются такие токсичные элементы как As и Sb. В реках Пяндж и Вахш отмечается также трехкратное завышение над кларком для Au, хотя в Кафирнигане концентрация соответствует кларку. Также с превышением над кларком встречаются: Ba, Cs, Hf, ThZr. Наблюдается дефицит таких элементов как: Br, Co, Cr, Cu, Ga, Lu, Nb, Ni, Sr, Sc, Ta, V, Y, YbZn. Содержание элементов: Rb, La, Sm, Mo и U примерно соответствуют своим кларковым значениям.

В образцах почв накапливается больше As, Br, Mo, Ni, Sb, Sr, U и Zn. В донных осадках рек Пяндж и Вахш накапливается Au практически в 5 раз больше чем в образцах почв.

В заключении авторы выражают благодарность сотрудникам Института ядерной физики АН Узбекистана и Института ядерной физики АН Казахстана за проведенный анализ образцов.

#### Литература:

1. Абдушукуров Д.А., Кобулиев З.В., Мамадалиев Б.Н. Элементный состав донных отложений и прилегающих почв на реке Сырдарья в пределах Таджикистана. В этом сборнике.
2. Река Пяндж. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс], <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/Пяндж>.
3. Д.А.Абдушукуров, З.Н.Салибаева, «Гидрогеохимические параметры качества воды в реках Таджикистана», ISBN: 978-3-659-62661-6, изд. Ламберт, ФРГ, 2014, стр. 1-130.
4. Река Вахш. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс], <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/84534>
5. Река Кафирниган. Большая Советская энциклопедия. [Электронный ресурс], <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc3p/151446>
6. А.П.Виноградов, «Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры», Геохимия, 1962, № 7, с. 555–571.
7. S. R.Taylor, «Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table», «Geochimica et Cosmochimica Acta», 1964, v. 28. p. 1273-1285.
8. Редкоземельные элементы. [Электронный ресурс], <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/3854.html>.

Рецензент: д.т.н., профессор Кобулиев З.В.