

## ОПТИКА КЛАСТЕРОВ, АЭРОЗОЛЕЙ И ГИДРОЗОЛЕЙ

УДК 551.521.3, 551.583

# Распределение природной и техногенной радиоактивности в образцах почвы и пылевой мглы юга Таджикистана

**С.Ф. Абдуллаев, Б.И. Назаров, В.А. Маслов, А.А. Джураев\***

*Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН Республики Таджикистан  
734063, г. Душанбе, Академгородок, ул. Айни, 299/1, Республика Таджикистан*

Поступила в редакцию 9.03.2011 г.

Представлены результаты исследования элементного состава образцов почв и проб пылевого аэрозоля, собранных в пос. Айвадж и г. Душанбе. Проведен анализ данных о распределении радиоактивных изотопов уранового и ториевого рядов, К-40 и других техногенных изотопов.

*Ключевые слова:* аридный аэрозоль, пылевая мгла, пыльная буря, элементный состав, изотопы; arid aerosol, dusty haze, dust storm, the elemental composition, isotopes.

### Орографические и метеорологические особенности региона

В атмосфере аридной зоны Таджикистана постоянно присутствуют пылевые частицы субмикронной фракции, образующиеся в результате пыльных бурь или пылевой мглы, которые генерируются на сопредельной с Таджикистаном территории, а затем распространяются на тысячи километров во всех направлениях. Усиление пылевых выносов и распространение их на всю территорию Центральной Азии может вызвать нежелательные последствия: снижение уровня прямой солнечной радиации; существенное ослабление процесса фотосинтеза в растительном мире; ухудшение здоровья населения и животных; изменение режима таяния ледников; расширение территории пустынных зон, деградацию почв; снижение срока вызревания, количества и качества сельскохозяйственной продукции.

В плане загрязнения атмосферы наибольший интерес представляет столица Таджикистана — г. Душанбе. Город расположен на средней высоте 821 м над ур. м., в межгорной Гиссарской долине, окруженной с севера Гиссарским хребтом, а с юга невысокими горами Рангон. Долина открыта только с западной и восточной сторон узкими и межгорными проходами. Орографическая замкнутость долины способствует ослаблению циркуляции воздуха. В результате здесь преобладает безветренная погода и соответственно происходит застойность загрязнителей. Орография местности южной части Таджикистана вплоть до Гиссарской долины и расположение горных хребтов образуют своеобразный мешок, откры-

тый только с одной стороны — с юга, откуда и приходят запыленные воздушные массы. Все другие направления закрыты горами.

Одним из основных факторов, вызывающих застой воздуха, является антициклональная циркуляция, обуславливающая развитие мощных задерживающих слоев — слоя инверсии, когда температура с высотой повышается, или слоя изотермии, когда температура в некотором приземном слое остается постоянной. Инверсии, оказывающие наиболее существенное влияние, образуются в ясные и малооблачные ночи за счет выхолаживания приземного слоя воздуха. Кроме того, в зимний период роль задерживающего слоя играет арктический фронт, вклинивающийся в долину и резко охлаждающий приземной слой воздуха на высоте до 1–1,5 км. В результате этих явлений происходят задержание и скопление в воздухе загрязняющих веществ. К таким веществам относятся: твердые частицы (пыль, продукты сгорания) и вредные газы (СО, СО<sub>2</sub>, приземный озон, NO<sub>x</sub> и др.).

Цель нашей работы заключается в изучении особенностей элементного состава пыли в аридной зоне юга Таджикистана, находящейся примерно в 500 км восточнее пустынной территории, являющейся основной областью образования пыли [1] (Репетек). Исследовался район долины р. Кафирниган к югу от Душанбе (рис. 1).

На юге Таджикистана к северу от р. Амударья, в долине р. Кафирниган ежегодно можно ожидать от 10 до 30 пыльных бурь. Пиковым сезоном является лето и начало осени. В летний период ветры дуют в основном вдоль долин рек (с юга). Областью проведения эксперимента была выбрана долина реки Кафирниган на трассе от Амударьи (граница с Афганистаном) до Душанбе. Как видно из рис. 1, ширина долины реки в районе Амударьи составляет 25 км, а в окрестностях Душанбе — около 5 км. Пустынная область, в которой находится станция 1,

\* Сабур Фузайлович Абдуллаев (sabur.f.abdullaev@gmail.com); Бахрон Исломович Назаров (systemavto@rambler.ru); Владимир Анатольевич Маслов; Акрам Ахмадович Джураев.

представляет собой самую южную область долины площадью около 700 км<sup>2</sup>.



Рис. 1. Схема долины р. Кафирниган на юго-западе Таджикистана. 1, 2 – наземные станции сбора данных: Айвадж, Душанбе соответственно

Как известно, очаги крупномасштабного пылевого выноса характеризуются почвами, характерными для песчаных и каменистых равнин [2–17]. В рамках смешанной (эоловой плюс эрозионной) модели происхождения пылевых частиц элементный состав пыли должен соответствовать составу почв в районе наблюдения. Идентификация элементного состава проб воздуха и почвы может стать источником информации о генезисе почвенно-эрозионного аэрозоля.

Северная и центральная части Таджикистана разделены горной системой, состоящей из Гиссарского, Зерафшанского и Туркестанского хребтов. Благодаря довольно большим высотам (вершины достигают 5000 м над ур. м.), эти горы имеют значительную площадь снеговой и ледниковой поверхности. Этот высотный и температурный барьер создает препятствие для перемещения воздушных масс как от Северного Ледовитого океана, так и от южного муссона Индийского океана, создавая в межгорных областях уникальные климатические условия. Так, горы Гиссарского хребта практически

полностью преграждают путь на север мощным пыльным бурям, формирующимся в регионе и известным под названием «афганец».

Региональные особенности Центральной Азии представлены на рис. 2. На этой карте белым прямоугольником отмечены указанные выше горные системы, а черными кругами – ориентировочные места расположения полигонов испытания ядерного оружия.

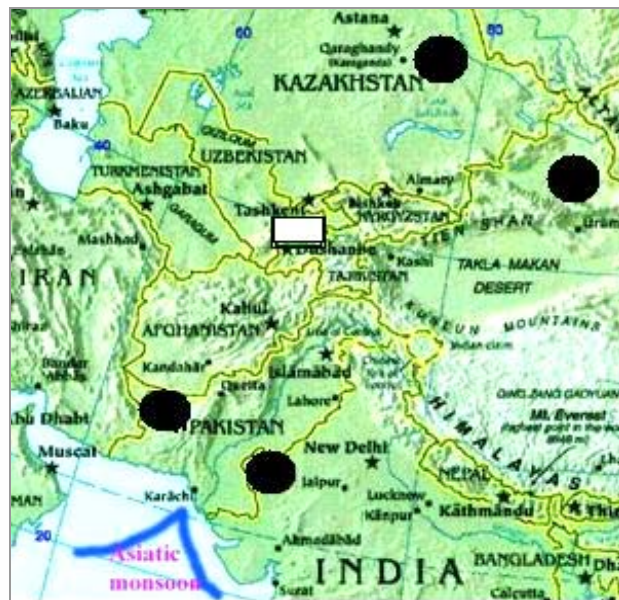


Рис. 2. Карта региона

Распространение загрязнений от объявленных подземных ядерных испытаний может быть связано с большим выходом на поверхность радиоактивных изотопов ксенона и криптона, имеющих максимальный выход в реакции деления большого количества радиоактивного вещества, либо с плохой герметичностью используемых устройств.

## Методика измерений

Лаборатория физики атмосферы ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ с 1982 г. проводит изучение оптических и микрофизических свойств аэрозолей аридной зоны [10]. В составе песка и пыли, собранных в аридной зоне Таджикистана в период Советско-американского эксперимента по изучению аридного аэрозоля, были обнаружены следы техногенных радиоактивных изотопов [1, 7, 12, 18–20]. Полученный результат стал основой для дальнейшего исследования элементного состава пылевой мглы, распространяющейся с юга до центральной части страны. Нами исследовались образцы почвы, собранные путем естественного осаждения по пути распространения пылевой мглы, и пробы пылевого аэрозоля.

Пробы частиц аэрозоля собирались во время пылевой мглы путем естественного осаждения на поверхности полиэтиленовой пленки и в специальных ванночках. В лабораторных условиях образцы очищались от крупнообломочных включений и корней. Оставшаяся часть просеивалась через сито с ячейкой

1 мм и упаковывалась для хранения и исследования. Описания проб представлены в табл. 1 и 2. Гамма-радиометрический анализ проводился с по-

мощью  $\gamma$ -спектрометра производства фирмы «Канберра» с детектором на основе сверхчистого германия, с относительной эффективностью 10% [18–20].

Таблица 1

Пробы почв для исследования элементного анализа

№ пробы	Местность	Широта	Долгота	Высота, м над ур. м.
1	Пустыня Айвадж	36°58'42"	68°01'11"	319
2	Метеостанция Айвадж	36°58'42"	68°01'24"	319
3	Пустыня Шаартуз	37°00'58"	68°03'28"	324
4	Пустыня Кабодиён (Белые Холмы (БХ))	37°39'44"	68°08'38"	507
5	Пустыня Кабодиён (Красные Холмы (КХ))	37°39'44"	68°08'38"	508
6	Гиссар, Шарора	38°29'18"	68°39'18"	749
7	Душанбе Восточные Холмы, база ФТИ	38°33'12"	68°51'37"	866
8	Душанбе Восток, к/к Охтог	38°34'04"	68°51'24"	895
9	Памир, Рушан, к/к Баджу	37°56'26"	71°33'38"	3000
10	Турсунзаде, алюминиевый завод	38°30'30"	68°13'30"	680
11	Турсунзаде, алюминиевый завод	38°30'30"	68°16'23"	700
16	Метеостанция Айвадж	36°58'37"	68°01'15"	403
17	Пустыня Шаартуз	37°18'32"	68°09'02"	364
18	Пустыня Кабодиён (БХ)	37°08'14"	68°20'31"	513
18а	Пустыня Кабодиён (КХ)	37°51'20"	68°36'38"	514
19	Хуросон	37°51'20"	68°36'22"	398
20	Фахрабад	38°20'50"	68°42'55"	1159
29	Душанбе, восточная часть	38°32'36"	68°51'25"	801
30	Душанбе, северная часть, цементный завод	38°36'41"	68°47'21"	898
31	Термез	37°13'01"	67°16'58"	300
36	Истаравшан	39°54'21"	69°01'15"	1039
37	Зафаробод	40°10'34"	68°46'31"	384
38	Ак-Архар, Памир	37°57'36"	73°43'15"	4365

Таблица 2

Описание проб пылевого аэрозоля, собранных в период пылевой мглы

№ пробы	Местность	Широта	Долгота	Высота, м над ур. м.
12	г. Душанбе, 03–30.11.2007	38°33'11"	68°51'28"	821
13	г. Душанбе, 15.08. 2008	38°33'11"	68°51'28"	821
14	Айвадж, 16.09.2009	36°58'45,5"	68°01'24"	311
15	Айвадж, 25.09.2009	36°58'45,5"	68°01'24"	311
21	Айвадж, 17.03.10.	36°58'45,5"	68°01'24"	311
22	Айвадж, 19.03.10.	36°58'45,5"	68°01'24"	311
23	г. Душанбе, 13–21.11.2007	38°33'11"	68°51'28"	821
24	г. Душанбе, 23.11.2007	38°33'11"	68°51'28"	821
25	г. Душанбе, 04–15.08.2008	38°33'11"	68°51'28"	821
26	Айвадж, 26.05.–28.05.2009	36°58'42"	68°01'24"	319
27	Айвадж, 25–30.08.2009	36°58'42"	68°01'24"	319
28	Айвадж, 29.08.2009	36°58'42"	68°01'24"	319
32	Айвадж, 24.05.–28.05.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
33	Айвадж, 31.05.–14.06.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
34	Айвадж, 09.07.–13.07.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
35	Айвадж, 19.07.–23.07.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
39	Айвадж, 23.08.–25.08.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
40	Айвадж, 12.09.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
41	Айвадж, 16.09.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
42	Айвадж, 08.10.2010	36°58'42"	68°01'24"	319
43	г. Душанбе, 08.10.2010	38°33'11"	68°51'28"	821
44	г. Душанбе, 22–4.10.2010	38°33'11"	68°51'28"	821

Измерения проводились в домике из свинца с толщиной стенок 5 см, облицованном с внутренней стороны слоем кадмия толщиной 2 мм. Внутренняя поверхность домика дезактивировалась перед каждым сеансом измерений. При измерениях образец помещался в сосуд Маринелли вместимостью 500 см<sup>3</sup>. Время измерения образцов и эталона было выбрано равным 6 ч, а время измерения фона (в начале и конце серии измерений) составляло 24 ч. Один из участков регистрируемого спектра показан на рис. 3.

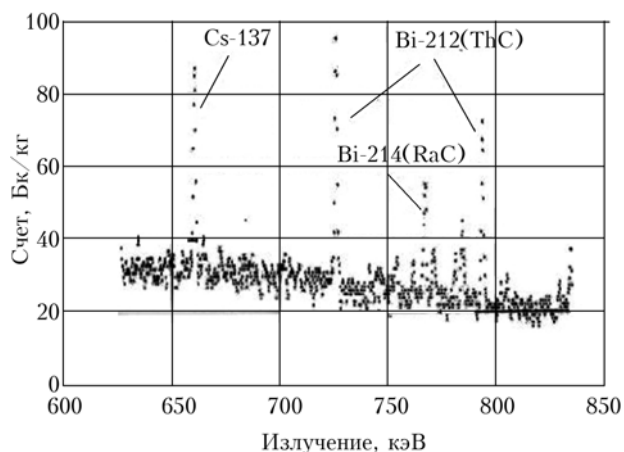


Рис. 3. Участки спектра, используемые для идентификации изотопов

Используемая система обладает необходимой эффективностью и разрешением для решения поставленной задачи. Точность определения удельной

активности была проверена на 15 образцах по 5 гамма-линиям для изотопов уранового и по 7 линиям ториевого рядов.

## Обсуждение полученных результатов

Результаты измерения концентрации изотопов представлены в табл. 3 и 4.

Во всех случаях для проб частиц пылевой мглы отмечается повышенное содержание изотопов по сравнению с пробами почвы районов, расположенных по пути распространения пылевой мглы в Таджикистане, в некоторых случаях в 10 раз. Такое превышение означает, что пылевая мгла обогащена изотопами из сопредельных государств. На рис. 4 представлено измеренное содержание изотопа Cs-137 для проб № 34, 36, 38, 42, эталон, в остальных пробах Cs-137 не обнаружен. В пробах № 4, 8, 9, 17, 18 и 22 обнаружен изотоп Ra-226, а в пробах № 3, 4, 8, 12, 17 и 19 – изотоп Th-234. Необходимо отметить, что только в двух пробах № 43 и 44 обнаружен изотоп Be-7 с концентрацией 30,56 и 36,45 Бк/кг соответственно. Можно заключить, что распространение изотопов тория и радона практически не связано с переносом атмосферной пыли.

Причину обнаружения в пробах почв указанных изотопов весьма сложно объяснить. Можно предположить, что это связано с местом расположения источников образования пылевой мглы (т.е. с географией мест генерации и осаждения частиц пылевой мглы), а также с метеорологическими параметрами атмосферы. Вопрос об источниках появления этих изотопов в пробах пыли выходит за рамки данной статьи и требует более детального обсуждения.

Таблица 3

Содержание изотопов в составе почвы и пылевой мглы, Бк/кг

№ пробы	Pb-214	Bi-214	Ac-228	Pb-212	Tl-208	K-40	Pb-210
1	23,723	18,189	31,372	29,828	28,062	695,916	
2	28,157	33,82	43,746	25,3	33,453	775,516	
3	23,772	17,774	44,432	27,575	18,214	917,152	15,34
4	36,41	34,156	62,427	33,676	38,729	594,298	
5	28,738	21,305	29,805	27,82	29,875	490,593	
6	30,067	29,84	41,364	40,453	48,357	815,315	
7	35,326	30,234	48,345	46,927	50,345	1027,04	
8	38,527	31,304	59,938	53,944	55,88	1040,84	
9	36,097	38,538	52,145	52,193	55,92	962,216	227,975
10	23,646	18,488	24,193	22,024	13,635	650,412	99,301
11	26,889	25,707	43,08	28,971	24,446	658,948	43,08
12	42,336	42,336	66,803	47,51	71,953	904,699	66,803
13	32,469	32,469	69,093	51,098	41,077	1160,62	69,093
14	95,297	97,911	90,546	105,342	58,669	1508,79	1050,99
15	76,448	167	83,567	59,199	56,524	2104,63	
16	25,012	17,423	65,705	28,42	29,404	737,83	88,842
17	33,5	27,697	61,221	37,578	40,814	810,482	63,924
18	29,476	24,375	55,564	46,412	46,412	733,317	
18a	27,277	20,909	46,616	25,132	25,132	777,549	
19	38,232	26,532	32,287	25,505	25,505	625,109	
20	33,386	34,865	44,177	40,643	40,643	946,565	
21	43,399	37,699	81,879	55,147	55,147	996,557	
22	37,569	21,633	14,463	37,866	37,866	718,43	67,414

Таблица 4

## Содержание изотопов в составе пылевой мглы, Бк/кг

№ пробы	Pb-214	Bi-214	Ac-228	Pb-212	Tl-208	K-40	Pb-210
12	42,336	42,336	66,803	47,51	71,953	904,699	66,803
13	32,469	32,469	69,093	51,098	41,077	1160,62	69,093
14	95,297	97,911	90,546	105,342	58,669	1508,79	1050,99
15	76,448	20,912		56,524	59,199	2104,626	
21	43,399	37,699	81,879	55,147	55,147	996,557	
22	37,569	21,633	14,463	37,866	37,866	718,43	67,414
30	38,9	41		46,7	38,2		
31	32,4	25,5	44,7	34,8	37,8	433,6	
32	35,5	28,8	64,4	42,2	34,9	581,9	70,8
33	65,7	36,6			24,4	486,4	75,6
34	52,4	32,3	53,9	48,7	45,4	621,3	102,7
35	40,6	18,9		37,8	22	447,6	
36	31,3	34,8	39,4	49,3	24,6	686,3	139,8
37	97,8	42,4	58,2	45,3	35,4	803,4	33,4
38	31,3	21,2	48,9	39,7	37,5	907,4	100,1
39	23,7	26,5	62,8	42,4	26,7	615,4	69,6
40	41,6	21,4	56,5	47,3	30,7	541,4	148,7
41	49	16,5		44,4	42,6	824	
42	48,2	38,4	55,1	56,2	49,8	330	184,8
43	111,07	15,42		138,8	21,691	2261,7	2910
44	120,9	-21,9		83,9	18,5	389,9	3480
Эталон	189,8	165,4		363,1	288,7	873,8	248,7

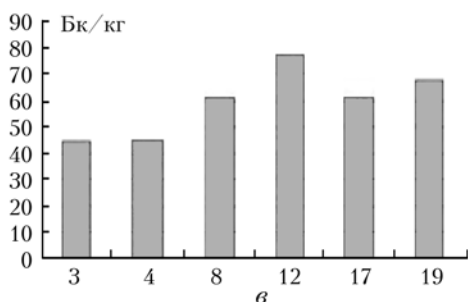
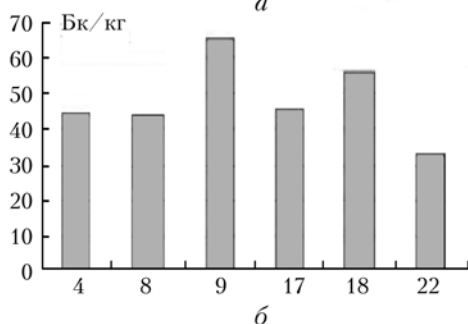
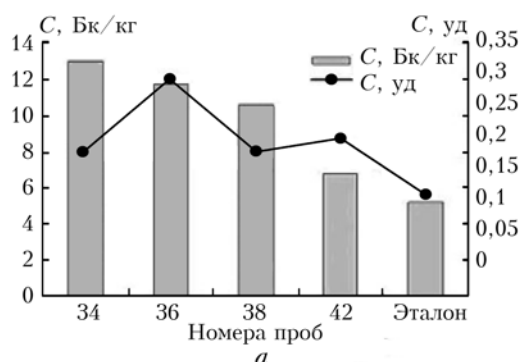


Рис. 4. Содержание изотопов: а – Cs-137; б – Th-234; в – Ra-226 в некоторых пробах

Внимательное рассмотрение распределений уран-ториевых рядов и соответствующих распределений изотопа К-40 позволяет отметить корреляцию между ними. Коэффициенты корреляции между изотопами уран-ториевых рядов и К-40 следующие:  $r = 0,55; 0,91; 0,79; 0,68$  и  $0,80$  для Tl-208, Bi-214, Pb-214, Ac-228 и Pb-210 соответственно. Причем концентрация изотопа К-40 превышает средний уровень содержания в тех же пробах, для которых отмечается повышение уровня содержания тория. Этот факт свидетельствует о том, что за повышение концентраций тория и калия ответственны одни и те же геохимические процессы.

Анализ содержания техногенного изотопа К-40 в исследованных образцах (рис. 5) показывает, что его концентрация колеблется от нескольких Бк/кг для проб почв и до 1000 Бк/кг и более для проб пылевой мглы.

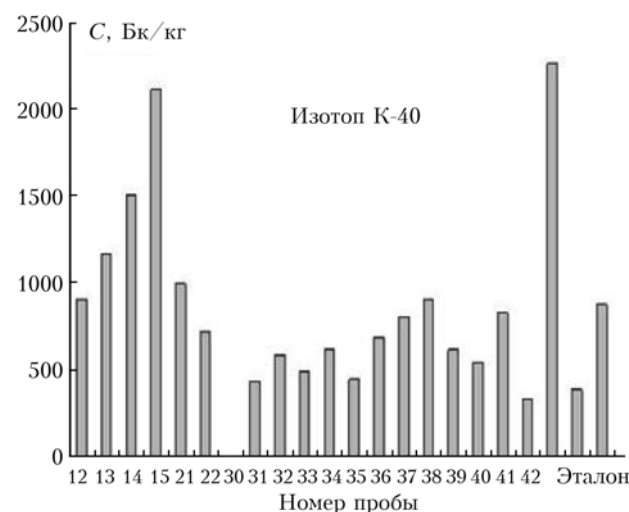


Рис. 5. Содержание изотопа К-40 для некоторых проб

Проведен анализ описанных проб, собранных в районах, расположенных по пути распространения пылевой мглы, на микроэлементный состав методом рентгено-флуоресцентного анализа и на наличие радионуклидов методом  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -спектрометрии. Элементный состав пыли должен, с одной стороны, соответствовать составу почв очагов пылевого аэрозоля, а с другой — составу почв в районе наблюдения. Идентификация элементного состава проб воздуха и почвы может явиться, таким образом, источником информации о генезисе почвенно-эрозионного аэрозоля.

При исследовании элементного состава выделены следующие элементы: As, Au, Ba, Ca, Ce, Co, Cr, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Mn, Rb, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn. В табл. 5 приведены концентрации некоторых элементов в составе проб почв и пыли, полученные методом рентгеноструктурного анализа. Во всех пробах отмечается очень высокое содержание Ca, Fe и K.

Таблица 5

Содержание элементов в составе почв и пыли (мг<sup>-1</sup>)  
( $C_n$ ,  $C_d$ ,  $C_{ш}$  — концентрации элемента в пробах пыли, почв Душанбе и Шааргуза соответственно)

Элемент	Душанбе	Шааргуз	Пыль	$C_{cp}$ [20]	$C_n/C_d$	$C_n/C_{ш}$
K %	2,1998	2,377	1,9761	2,35	0,8983	0,8313
Ca %	4,1879	7,4023	12,94	3,25	3,0899	1,7481
Sc	0,1006	0,082	0,2401	0,0006	2,3867	2,9281
Ti	0,6914	0,5636	0,4371	0,61	0,6322	0,7756
V	0,0374	0,0308	0,0131	0,02	0,3503	0,4253
Cr	0,0213	0,0258	0,0249	0,03	1,169	0,9651
Mn	0,1204	0,0938	0,0897	0,1	0,745	0,9563
Fe %	7,525	8,5532	5,7038	4,2	0,758	0,6669
Co	0,1063	0,1316	0,0841	0,002	0,7912	0,6391
Ni	0,0051	0,0011	0,0027	0,02	0,5294	2,4546
Cu	0,0051	0,0044	0,0084	0,1	1,6471	1,9091
Zn	0,0152	0,017	0,0492	0,2	3,2368	2,8941
Ga	0,0027	0,0031	0,0023	0,0001	0,8519	0,7419
Ge	0,0011	0,0005	0,0008	0,0004	0,7273	1,6
As	0,0032	0,0019	0,0003	0,0005	0,0938	0,1579
Se	0,0005	0,0004	0,0003	0,00008	0,6	0,75
Br	0,0015	0,0011	0,0012	0,001	0,8	1,0909
Rb	0,024	0,0268	0,0172	0,008	0,7167	0,6418
Sr	0,0333	0,0343	0,0629	0,035	1,8889	1,8338
Y	0,0072	0,0061	0,0053	0,005	0,7361	0,8689
Zr	0,0525	0,0341	0,0376	0,025	0,7162	1,1026
Nb	0,004	0,0038	0,003	0,000032	0,75	0,7895
Mo	0,0026	0,0023	0,0018	0,001	0,6923	0,7826
Корреляция	0,7743	0,8931				

В пробах частиц пылевой мглы содержание Ca и Sc превышает содержание в пробах почвы более чем в 3 раза, содержание Sr отличается почти в 2 раза, а Zn — до 3,2 раза. Вычисленные нами коэффициенты корреляции содержания элементов в пробах почв из Шааргуза (0,89) и г. Душанбе (0,77) с содержанием их в пробах пыли оказались очень высокими. Поскольку эти коэффициенты корреляции выше для Шааргуза, находящегося ближе к источнику пыли, то это означает, что пустынная зона Шааргуза вносит более высокий вклад в состав потока пыли. Для ряда элементов обнаруживаются значительные различия по их содержанию с имею-

щимися данными для аналогичных районов мира. Так, по сравнению с пробами аридного аэрозоля в Репетеке [14] и в Нигерии [15] в исследуемых пробах примерно в 10 раз более низкое содержание меди и свинца, в 100 раз — цинка. Для сравнения в табл. 5 приведена концентрация химических элементов в земной коре [20].

Таким образом, при изучении элементного состава во всех измеренных пробах пылевой мглы обнаружено повышенное содержание изотопов, в некоторых случаях в 10 раз, по сравнению с пробами почвы районов Таджикистана, расположенных по пути распространения пылевой мглы. Повышенное содержание изотопов означает, что пылевая мгла обогащена ими в сопредельных государствах. Вычислены коэффициенты корреляции между изотопами и K-40. Обнаружено, что концентрация изотопа K-40 превышает средний уровень содержания в тех пробах, где отмечается повышенный уровень содержания тория. Это свидетельствует о том, что за повышение концентраций тория и калия ответственны одни и те же геохимические процессы. Анализ в пробах техногенного изотопа K-40 показывает, что его содержание в исследованных образцах колеблется от нескольких Бк/кг для проб почвы и до 1000 Бк/кг и более для проб пылевой мглы. В пяти из исследованных проб обнаружен Cs-137 и только в двух пробах — изотоп Be-7, а в двух других пробах — изотопы Ra-226.

При рентгеноструктурном анализе проб выявлено высокое содержание Ca, Fe и K. В пробах частиц пылевой мглы содержание Ca и Sc превышает содержание в пробах почвы более чем в 3 раза, содержание Sr отличается почти в 2 раза, а Zn — до 3,2 раза. Высокие коэффициенты корреляции содержания элементов в пробах почв из Шааргуза и г. Душанбе с содержанием их в пробах пыли позволяют заключить, что пустынная зона Шааргуза вносит более высокий вклад в состав потока пыли.

Настоящая работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра (проект T-1688).

1. Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля // Под ред. Г.С. Голицына. СПб.: НПО «Тайфун», 1992. 208 с.
2. Кондратьев К.Я., Жвалев В.Ф. Первый глобальный эксперимент ПИГАП «Аэрозоль и климат». Л.: Гидрометеоздат, 1976. 239 с.
3. Ивлев Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей. Л.: Изд-во ЛГУ, 1982. 368 с.
4. Донченко В.К., Ивлев Л.С. Об идентификации аэрозолей разного происхождения. СПб.: СПбГУ, 2006. 13 с.
5. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб.: Изд. НИИХ СПбГУ, 2000. 258 с.
6. Ивлев Л.С., Кондратьев К.Я. Атмосферный аэрозоль: свойства и воздействие на климат. СПб.: СПбГУ, 2006. 30 с.
7. Андреева А.В., Жуковский Д.А., Жвалев В.Ф., Ивлев Л.С., Кастомина С.В., Минашкин В.А., Прокофьев М.А., Шиврина Р.Р. Химические и микрофизические особенности аэрозолей на измерительных пло-

- щадках Шаартуз и Эсанбай // Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля / Под ред. Г.С. Голицына. СПб.: НПО «Тайфун», 1992. С. 118–129.
8. Довгалюк Ю.А., Ивлев Л.С. Физика водных и других атмосферных аэрозолей. Изд. 2-е. СПб.: Изд. СПбГУ, 1998. 321 с.
  9. Кондратьев К.Я., Поздняков Д.В. Аэрозольные модели атмосферы. Л.: Гидрометеониздат, 1981. 165 с.
  10. Виноградова А.А., Малков И.П., Назаров Б.И., Поллиссар А.В. Об определении путей переноса антропогенного аэрозоля в северные районы // Изв. АН СССР. Физ. атмосфер. и океана. 1988. Т. 24, № 7. С. 680–686.
  11. Андропова А.В., Минашкин В.М., Черлина И.Е., Глаголев К.В., Латыфов С. Исследование микрофизических и оптических характеристик пылевых аэрозолей различных регионов СССР // Изв. АН СССР. Физ. атмосфер. и океана. 1989. Т. 25, № 1. С. 40–44.
  12. Смирнов В.В. Морфологические, структурные и химические особенности аэрозолей пыльных бурь в Таджикистане // Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля / Под ред. Г.С. Голицына. СПб.: НПО «Тайфун», 1992. С. 110–118.
  13. Chepil W.S. Dynamics of wind erosion // Soil Sci. 1945. N 60. P. 305–320.
  14. Комплексный советско-американский эксперимент по исследованию фонового аэрозоля / Под ред. В.Д. Степаненко. Л.: Гидрометеониздат, 1986. 120 с.
  15. Adedokun I.A., Emofurieta W.O., Adedeji O.A. Physical, mineralogical and chemical properties of harmattan dust at Ile-Ife, Nigeria // Theory. Appl. Climatol. 1989. N 40. P. 161–169.
  16. Абдуллаев С.Ф., Салихов Т.Х., Назаров Б.И., Маслов В.А., Джураев А.А. Распределение природной и техногенной радиоактивности на образцах почвы и пыльной мглы юга Таджикистана // XVII Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Россия, Томск, 28 июня – 1 июля 2011 г. С. 49–52.
  17. Djuraev A.A., Djuraev A.A., Jr., Davlatshoev T. Radioecological situation in river basins of Central Asia, Syrdaria and Amudaria: Results of the international project NAVRUZ // Advanced Research Workshop. «Environmental protection Against Radiactive Pollution»: Abstracts. September, 16–19, 2002. Almaty, 2002. P. 84–86.
  18. Djuraev A.A., Djuraev A.A., Jr. The Choice of Points of Supervision of Radioecological Monitoring of the Rivers of Tajikistan: ISTC Report. Dushanbe, 2004. 12 p.
  19. Djuraev A.A., Djuraev A.A., Jr., Davlatshoev T., Mamajanov J., Passell Howard D. Sandia National Laboratories, DOE (US). Radioactive pollution in the Varzob River Gorge // Report on «Second Int. Workshop on Radiological Sciences and Applications (IWRSA)». Vienna, Austria. March, 16–18, 2005.
  20. Таблицы физических величин: Справочник / Под ред. акад. И.К. Кикоина. М.: Атомиздат, 1976. 1008 с.

*S.F. Abdullaev, B.I. Nazarov, V.A. Maslov, A.A. Djuraev. Distribution of natural and man-made radioactivity of samples of soil and dusty haze in the south of Tajikistan.*

The paper presents the analysis results of the elemental composition of dust aerosol samples collected in the deposition in Ayvadj and Dushanbe, formed by a dusty haze. Data on the distribution of radioactive isotopes of uranium and thorium series, K-40 and other man-made isotope are analyzed.