

Промышленные отходы Мизурской горно-обогатительной фабрики Садонского свинцово-цинкового комбината

(геохимические особенности, оценка их воздействия на экологическую обстановку прилегающих территорий (почвы и воду р. Ардон) Республика Северная Осетия-Алания)

А.Г. Гурбанов¹, Ю.К. Шаззо², А.Б. Лексин³, В.М. Газеев⁴,
А.Я. Докучаев⁵, Л.Е. Цуканова⁶, Я.И. Якушев⁷, И.В. Семенова⁸, С.И. Исаков⁹

ВВЕДЕНИЕ

В Садонском рудном районе действовало семь рудников Садонского свинцово-цинкового комбината. Со всех месторождений руды поставлялись на Мизурскую горно-обогатительную фабрику (МГОФ), расположенную в пос. Мизур, в 8–10 км южнее сел. Унал. Она начала работать с марта 1929 года и до сих пор является главным источником техногенного загрязнения окружающей среды в районе. Фабрика могла перерабатывать до 20 000 тонн руды в сутки, а полученные селективной флотацией концентраты содержали: Pb, Bi, Sb, Ag, Au, Cu, Zn, Co, As (в свинцовом); Zn, Cd, Co, Pb, S, Sb, Ag, Fe, In (в цинковом). Концентраты автотранспортом отправлялись на завод «Электроцинк» в г. Владикавказ, для получения металлов. Промышленные отходы МГОФ от передела руд («хвосты») до 1 января 1984 года складировались в чаше временного хвостохранилища (в узкой боковой долине левого притока р. Ардон), расположенного над пос. Мизур. С 1929 по 1984 г. МГОФ работала в режиме зимнего хранения хвостов и ежегодно полностью сбрасывала их в р. Ардон в паводковый период, что вместе с попаданием в нее шахтных и производственных стоков привело к сильному загрязнению речной воды и донных отложений Pb, Zn, Cu, Cd, Ag на всем протяжении. Поэтому в 1984 г. возникла необходимость строительства нового хвостохранилища.

При хранении все отходы претерпевают изменения, обусловленные физико-химическими

превращениями под влиянием внешних условий и внутренних факторов. В результате этих превращений образуются значительные количества новообразованных соединений, являющихся более токсичными и подвижными, чем исходные соединения [12, 13]. В нашем случае, судя по геохимическому составу вод защитного озера хвостохранилища и ручья, вытекающего из основания насыпной дамбы, образовались подвижные и легко растворимые в воде минеральные формы или соединения As, Sn, Sb, Pb, Hg, Te, V, Se, Sr, Ba, что согласуется с данными [1] о загрязнении вод р. Ардон рядом элементов-токсикантов.

В связи с уменьшением запасов природных ресурсов различных типов руд, как в России, так и за рубежом, решение этой проблемы заключается в целенаправленном повышении роли вторичных ресурсов – захороненных промышленных отходов многочисленных обогатительных фабрик на территории России. Установлено, что уже сейчас их использование является в ряде случаев рентабельным.

Промышленные отходы Мизурской горно-обогатительной фабрики, судя по полученным данным о крайне высоких содержаниях (в г/т) ряда рудных элементов (Cu – от 740 до 27 410, Zn – от 1770 до 90 350, Pb – от 2 610 до 124 220, As – от 140 до 1750, Sb – от 880 до 38 350 и Sn – от 1170 до 5 680) в полуметровом поверхностном слое захороненного материала (накоплен за последние несколько лет), могут являться комплексным техногенным месторождением металлургического и неметаллургического сырья, если

¹ Гурбанов А.Г. – к. г.-м. н., в. н. с. ИГЕМ РАН.

² Шаззо Ю.К. – к. х. н., зав. лаб. анализа минерального вещества ИГЕМ РАН.

³ Лексин А.Б. – н. с. ИГЕМ РАН.

⁴ Газеев В.М. – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН.

⁵ Докучаев А.Я. – к. г.-м. н. ИГЕМ РАН.

⁶ Цуканова Л.Е. – н. с. НИИ физики Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону.

⁷ Якушев Я.И. – н. с. ИГЕМ РАН.

⁸ Семенова И.В. – аспирант ИГЕМ РАН.

⁹ Исаков С.И. – н. с. Института геологии Дагестанского филиала РАН.



Рис. 1. Расположение хвостохранилища МГОФ в долине р. Ардон (цифрами показаны номера проб, отобранных в 2009 и 2010 гг.)

содержания, установленные в этом поверхностном слое, будут выдерживаться (и даже в 10 раз меньше) на всю мощность захороненных отходов.

ХАРАКТЕРИСТИКА ХВОСТОХРАНИЛИЩА МГОФ

Хвостохранилище, размером – 150 × 280 м и высотой насыпной дамбы до 30 м, находится в долине р. Ардон в 700 м севернее сел. Унал и напротив сел. Зинцар, т. е. в густонаселенном районе (рис. 1).

После решения Министерства геологии СССР о проведении исследований по программе «Охрана природы и рациональное использование природных ресурсов» от 31.03.1981 г. на территории Северной Осетии с 1982 г. стали проводиться специализированные эколого-геохимические исследования. Они проводились в течение ряда лет Центральной опытно-методической геохи-

мической экспедицией (ЦОМГЭ) ИМГРЭ. Значительная, по нашим данным, роль ветровой эрозии хвостохранилища МГОФ в загрязнении окружающей среды была оценена ею как минимальная. Большой вклад в изучение негативного воздействия захороненных промышленных отходов МГОФ на экологическую обстановку этой территории и в выявление минеральных форм тяжелых металлов в почвах внесли исследования Е.В. Пряничниковой, изложенные в серии статей и кандидатской диссертации [4–10]. Результаты геохимических исследований этого автора, к сожалению, базировались на данных полуколичественного и количественного (выборочно) спектрального анализа.

МЕТОДИКА ОПРОБОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ МГОФ, ПОЧВ И ВОДЫ

Методика опробования промышленных отходов и почв. В ходе исследований были проана-

лизируются особенности рельефа в районе хвостохранилища и прилегающих к нему пастбищ и сельхозугодий пос. Зинцар и Унал, протяженность и ширина надпойменных речных террас и геологическое строение района. Были проведены визуальные наблюдения, показавшие, что при сильном ветре, дующем вдоль долины, над поверхностью хвостохранилища возникают пылевые «облака», которые распространяются на поселки Зинцар, Унал, Одала, вниз по долине Ардона, а также и вверх по долине до пос. Мизур. На начальном этапе исследований, с учетом полученной информации, было проведено опробование хвостохранилища по трем профилям: в его южной, северной и восточной частях с оптимальным шагом отбора проб 25–30 м.

Для всех проб, с помощью GPS-приемника фиксировались географические координаты и высотные отметки, которые заносились в базу данных геоинформационной системы, и проводилась их фотодокументация. Отбор проб производился с помощью пробоотборника на глубину до 0,5 м. Это делалось для того, чтобы получить информацию о содержании в этом материале элементов-токсикантов, которые могут разноситься часто дующими ветрами, в виде пылевых облаков, на поселки Зинцар, Унал и даже достигать пос. Мизур.

При разработке методики опробования [11] почв учитывалось, что степень загрязнения пастбищ и сельхозугодий может зависеть от следующих факторов:

- от силы и скорости ветров, дующих утром и днем вверх по долине, а вечером и ночью – вниз по долине;
- от размерности нерекультивированного материала промышленных отходов, залегающего непосредственно на поверхности хвостохранилища.

Поэтому отбирались пробы различного гранулометрического состава: глинистая фракция, переслаивающиеся мелкозернистые пески и глины, переслаивающиеся тонко- и мелкозернистые пески, переслаивающиеся средне- и крупнозернистые пески.

В итоге были взяты пробы из всех разновидностей захороненного материала с учетом его гранулометрического состава. Также были отобраны пробы из почвенно-растительного слоя (почва с дерниной на глубину до 0,2 м) в левом борту долины р. Ардон как в районе хвостохранилища, так и вверх и вниз (на 2 км) от него вдоль этой долины.

Методика опробования водотоков. Отбор проб воды производился в 0,33 л пластиковые бутылки, вода отфильтровывалась через фильтр с диаметром пор 0,45 ц и подкислялась концентрированной азотной кислотой – HNO_3 марки О.Х.Ч.

При разработке методики опробования учитывалось, что степень загрязнения воды в р. Ардон может зависеть от следующих факторов:

- от силы и скорости ветров, дующих в долине р. Ардон, то есть от степени дальности переноса с поверхности хвостохранилища тонкодисперсного материала, который может поступать как в саму р. Ардон, так и в питающие ее водотоки;
- от масштабов переноса токсических веществ временными водотоками (таяние снежного покрова, после сильных и продолжительных дождей) из отвалов «пустой» породы многочисленных рудников в Садонском районе в притоки (Садонка, Архон, Унал-дон) р. Ардон;
- от масштабов загрязнения основных притоков р. Ардон самоизливающимися шахтными водами из горных выработок Садонской группы месторождений и дренажными водами, вытекающими из основания насыпной защитной дамбы хвостохранилища.

Учитывалось также и то, что значительная часть тяжелых металлов из нижних горизонтов хвостохранилища, особенно их новообразованные в процессе хранения подвижные формы, могут путем инфильтрации проникать в подземную гидросферу с образованием обширных и контрастных гидрохимических ореолов разнообразных токсичных веществ в водоносных горизонтах, в том числе и используемых для питьевого водоснабжения.

Подготовка проб для анализов. Каждая проба весом не менее 100 г упаковывалась в двойной целлофановый пакет для длительного хранения, чтобы избежать разложения возможных вторичных (гипергенных) водосодержащих минералов.

Пробы, отобранные из захороненных промышленных отходов МГОФ, высушивались, а затем из каждой пробы делалась отквартовка весом по 20 грамм, достаточная для всех видов аналитических исследований. После этого все отквартованные части проб дробились и истирались до размера 100 меш.

Пробы, отобранные из почв с дерниной с пастбищ, сначала высушивались при температуре 50°C , затем делались отквартовки материала. После этого отквартованные пробы дернины сжигались в муфельных печах до получения золы. Затем из них делалась отквартовка материала, необходимого для всех видов аналитических исследований (по 20 грамм из каждой пробы). Далее все отквартованные части дробились и истирались до размера 100 меш.

Остатки всех проб, после отквартовки из них необходимой для производства анализов части, сохранялись в герметичных полиэтиленовых пакетах (дубликаты) для возможных повторных или последующих аналитических исследований.

Пробы воды перед анализом на определение в них содержания микроэлементов вторично отфильтровывались для удаления из них возможной твердой фазы.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аналитические исследования выполнялись в следующих лабораториях ИГЕМ РАН: Анализа минерального вещества, в Группе ядерно-физических исследований.

Анализ химического состава проб выполнен методом рентгено-флуоресцентной спектроскопии (РФА) на спектрометре последовательного действия РW-2400 производства компании Philips Analytical B.V. (Нидерланды, 1997). При калибровке спектрометра использованы отраслевые и государственные стандартные образцы химического состава горных пород и минерального сырья (14 ОСО, 56 ГСО). Качество результатов соответствует требованиям III категории точности количественного анализа по ОСТ РФ 41-08-205-99. Подготовка препаратов для анализа породообразующих элементов выполнена путем плавления 0,3 г порошка пробы с 3 г тетрабората лития в индукционной печи с последующим отливом гомогенного стеклообразного диска. Подготовка препаратов для анализа микроэлементов выполнена путем прессования 1 грамма порошка пробы с полистиролом под давлением 5 т/см². Потери при прокаливании (LOI) определялись гравиметрическим способом. Время выдержки при температуре 950° С составляло 30 мин.

Проводился выборочный инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) ряда проб как из материала хвостохранилища, так и из почв с дерниной прилегающих к нему пастбищ. Содержания элементов определялись со следующим порогом чувствительности (г/т): К, Са, Fe, Sr, Rb, Zr, Ва, Sn – 10–100; Cr, Zn, Br, Ga, Ge, Cd, Mo, Ag, Се, Nd, Gd, W, Re – 1,0–10; Na, As, Cs, Sb, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Та, Th, U – 1–5; Со, Sc, Mn, La, Eu, Ir, Au – 0,1–0,5. ИНАА проводился из навески пробы в 0,4 г, которая облучалась нейтронным потоком 2,1013 нейтрон/см²/с в течение 10 часов. При расшифровке использовались ВМ, ВР и другие эталоны.

Анализы проб воды из защитного озера хвостохранилища и из всех водотоков выполнялись на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Series X^{II} ICP-MS Thermo Scientific (Германия). Измерения проводились в режиме «Peak Jumping». Чувствительность прибора: ⁷Li – 17 400 имп/с/(ppb, мкг/л); ⁵⁹Со – 24 700 имп/с/(ppb, мкг/л); ¹¹⁵In – 62 900 имп/с/(ppb, мкг/л); ²³⁸U – 103 000 имп/с/(ppb, мкг/л). Уровень оксидных ионов (СеО/Се) – 1,7 %. Уровень двухзарядных ионов

(Ва₂+Ва) – 1,4 %. Для калибровки прибора использовались многоэлементные стандартные растворы Perkin Elmer Pure Plus № 9300232, № 9300233, № 9300234 и № 9300235.

Использована методика определения Li, Be, Sc, Ti, Mn, Ni, Ga, As, Se, Sr, Mo, Pd, Pt, Au, Cd, Sn, Sb, Te, Cs, W, Hg, Tl, Pb, Th, Cr, Co, Zn, Rb, Ва, Та, Bi, Nb, В, V, Cu, Ag, U в пробах природных вод с применением в качестве внутренних стандартов группы обогащенных изотопов: ⁶¹Ni, ¹⁰¹Ru, ¹¹⁵In, ¹⁶¹Dy. Правильность методики и полученных результатов подтверждена анализом стандартного образца питьевой воды CRT-TMDW No 1011714. Измерения проводились по изотопам элементов с пределами обнаружения (ppb, мкг/л), рассчитанными по 3σ- критерию (P = 0,95; n = 3): ⁷Li (0,13); ⁹Be (0,24); ¹¹B (1,1); ⁴⁵Sc (0,056); ⁴⁷Ti (0,065); ⁵¹V (0,29); ⁵²Cr (0,28); ⁵⁵Mn (0,3); ⁵⁹Co (0,21); ⁶⁰Ni (0,14); ⁶⁵Cu (0,25); ⁶⁶Zn (0,5); ⁶⁹Ga (0,3); ⁷²Ge (0,027); ⁷⁵As (0,3); ⁸²Se (0,19); ⁸⁵Rb (0,29); ⁸⁸Sr (0,25); ⁸⁹Y (0,071); ⁹⁰Zr (0,028); ⁹³Nb (0,13); ⁹⁵Mo (0,037); ¹⁰³Rh (0,05); ¹⁰⁵Pd (0,06); ¹⁰⁷Ag (0,2); ¹¹¹Cd (0,19); ¹¹⁸Sn (0,23); ¹²¹Sb (0,047); ¹²⁵Te (0,06); ¹³³Cs (0,22); ¹³⁷Ba (2,2); ¹³⁹La (0,018); ¹⁶³Dy (0,026); ¹⁷⁸Hf (0,16); ¹⁸¹Ta (0,39); ¹⁸²W (0,12); ¹⁸⁵Re (0,018); ¹⁹³Ir (0,06); ¹⁹⁵Pt (0,08); ¹⁹⁷Au (0,04); ²⁰⁵Tl (0,24); ²⁰⁸Pb (0,54); ²⁰⁹Bi (0,25); ²³²Th (0,058); ²³⁸U (0,34).

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ МГОФ

С поверхности хвостохранилища и до глубины 0,5 м были проанализированы пробы следующего гранулометрического состава: 1) глины черные – 19/09, бурые – 19-1/09, 21-1/09; 2) переслаивание серых м-з песков и бурых глин – 22/09, 25/09, 26/09; 3) переслаивание серых т-з и м-з песков – 24/09; 4) зеленовато-серый м-з песок – 20/09, 20-1/09, 20-2/09; 5) переслаивание с-з и к-з песков – 21/09. Результаты анализа этих проб приведены в *таблице 1* и на *рис. 2*.

В глинах установлены следующие вариации содержаний (в г/т) элементов-токсикантов: S (в %) – 9,7–19,0; Cu – 14 750–27 410, Zn – 57 620–90 350, Pb – 63 040–124 220, As – 225–1750, Sb – 19 090–38 350, Sn – 3 050–5 680.

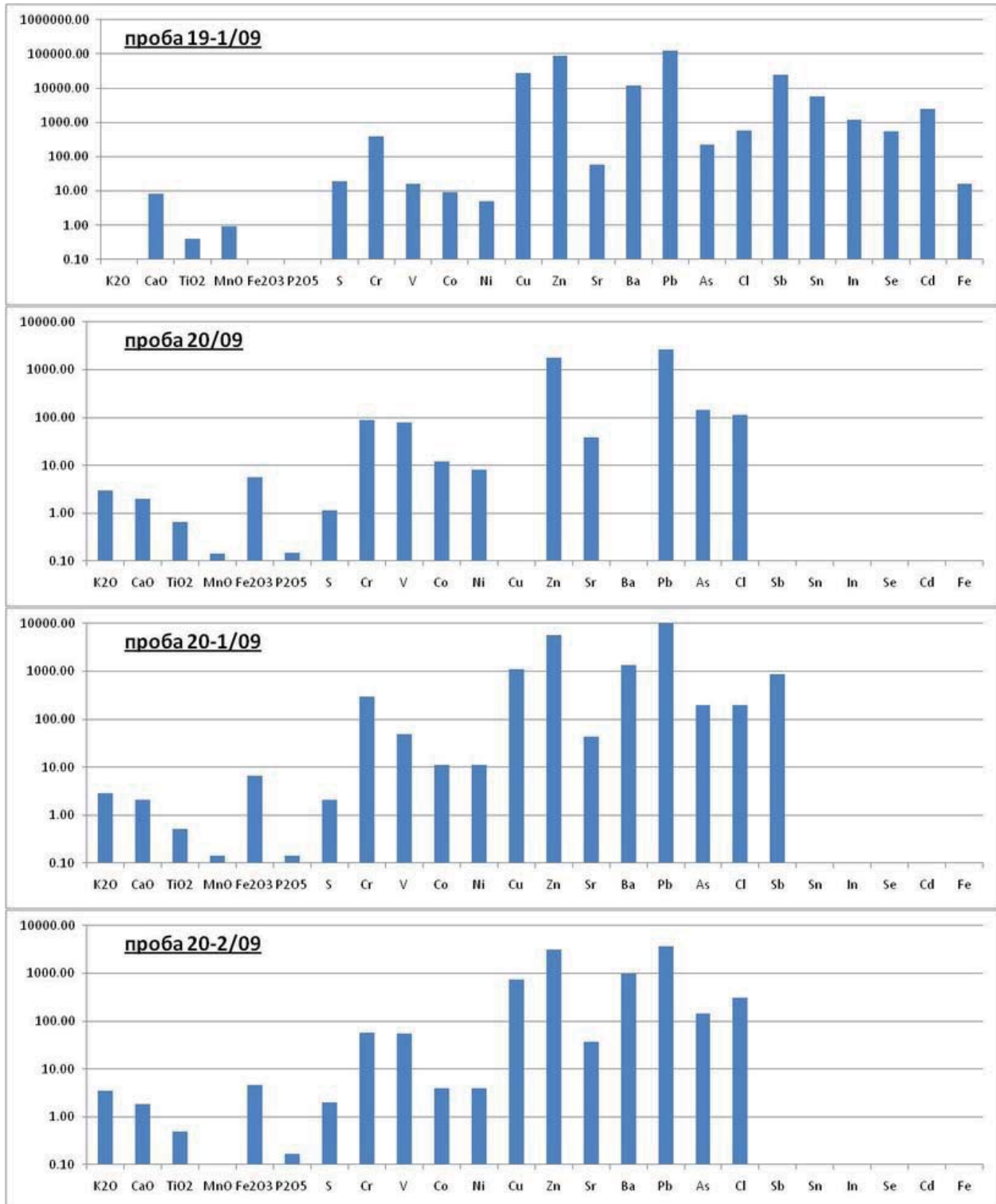
В переслаивающихся серых мелкозернистых (м-з) песках и бурых глинах выявлены следующие вариации содержаний (в г/т) элементов-токсикантов: S (в %) – 1,3– 10,8; Cu – 960–13 210, Zn – 3 990–41 720, Pb – 4 130–55 910, As – 140–355, Sb – 4 760–10 450, Sn – 1 170–2 850.

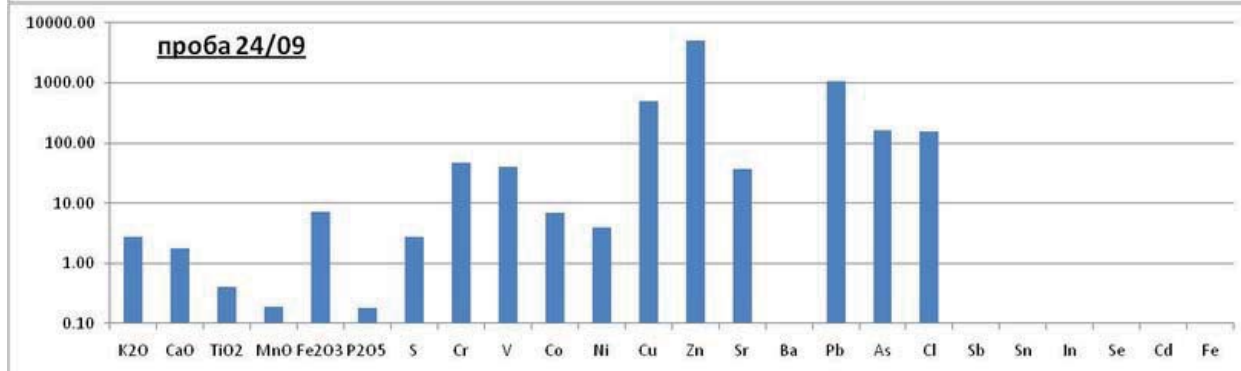
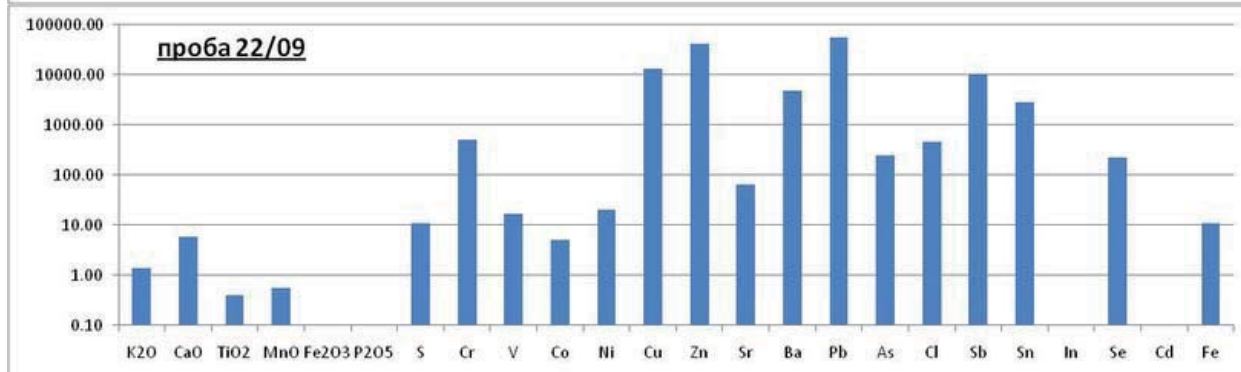
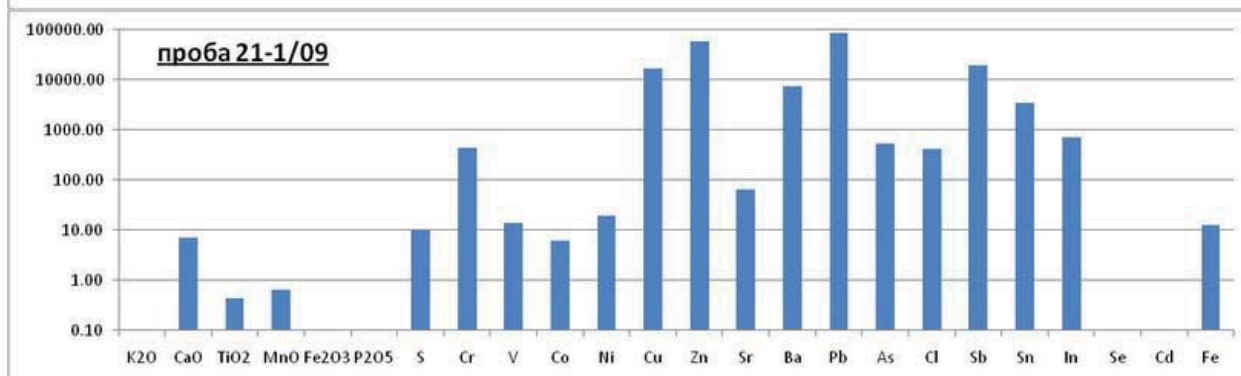
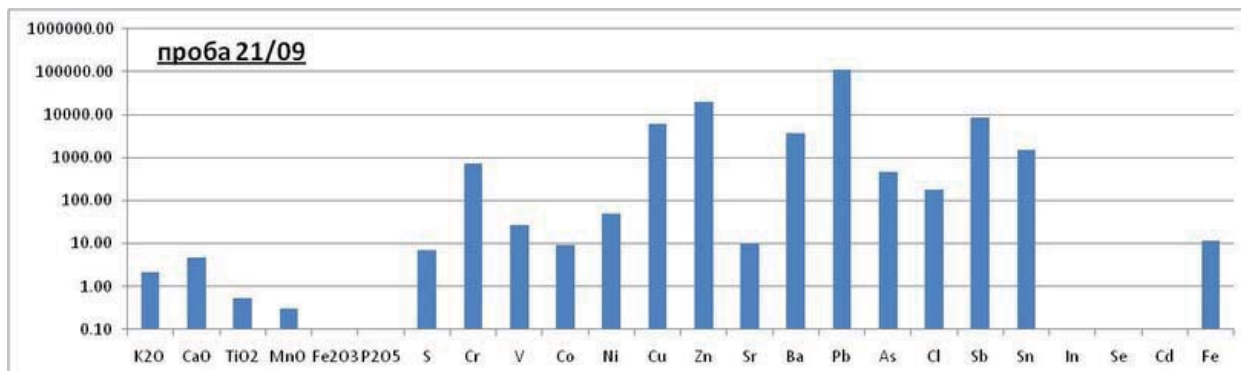
В переслаивающихся серых тонкозернистых (т-з) и мелкозернистых (м-з) песках установлены содержания (в г/т) следующих элементов-токсикантов: S (в %) – 2,71; Cu – 490, Zn – 5 050, Pb – 1 070, As – 163.

Таблица 1
 Геохимические особенности промышленных отходов МГОФ и почв на прилегающей к хвостохранилищу территории

№№ проб	K ₂ O (%)	CaO (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	S (%)	Cr (ppm)	V (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Pb (ppm)	As (ppm)	Cl (ppm)	Sb (ppm)	Sn (ppm)
19/09	0.45	6.50		0.59			15.64	291	18	8	11	14750	67340	69	8620	63040	1750	413	38350	3050
19-1/09		8.19	0.40	0.94			18.91	397	16	9	5	27410	90350	57	11620	124220	225	584	24260	5680
20/09	2.98	1.98	0.65	0.14	5.66	0.15	1.15	90	78	12	8		1770	39		2610	141	115		
20-1/09	2.87	2.07	0.51	0.14	6.50	0.14	2.06	297	49	11	11	1110	5670	43	1340	9950	200	196	880	
20-2/09	3.54	1.83	0.49	0.10	4.69	0.17	2.03	58	56	4	4	740	3140	37	980	3660	144	308		
21/09	2.20	4.65	0.52	0.31			6.92	723	27	9	49	5920	19360	10	3600	114610	452	181	8640	1470
21-1/09		7.04	0.44	0.63			9.74	444	14	6	19	16840	57620	64	7430	87730	523	427	19090	3490
22/09	1.38	5.88	0.40	0.56			10.77	496	17	5	20	13210	41720	63	4880	55910	252	454	10450	2850
24/09	2.76	1.74	0.41	0.19	7.13	0.18	2.71	47	40	7	4	490	5050	37		1070	163	157		
25/09	2.19	3.03	0.45	0.26	9.00	0.18	3.94	394	30	13	14	5250	18330	48	1860	36810	355	328	4760	1170
26/09	3.74	2.11	0.48	0.17	6.15	0.00	1.32	79	72	11	8	960	3990	39	1150	4130	140	268		
29/09	2.16	19.46	0.64	0.11	6.18	0.25	0.19	65	56	9	22	51	500	116	345	403	<10	176	<20	<20
30/09	1.51	30.00	0.47	0.07	5.14	0.21	0.13	51	31	10	20	45	394	136	348	344	<10	140	<20	<20
31/09	1.01	32.82	0.36	0.07	3.76	0.21	0.15	32	22	5	13	25	184	129	182	150	<10	238	<20	<20

Рис. 2. График содержаний оксидов и ряда элементов в захороненных промышленных отходах МГОФ и в почвах прилегающей территории





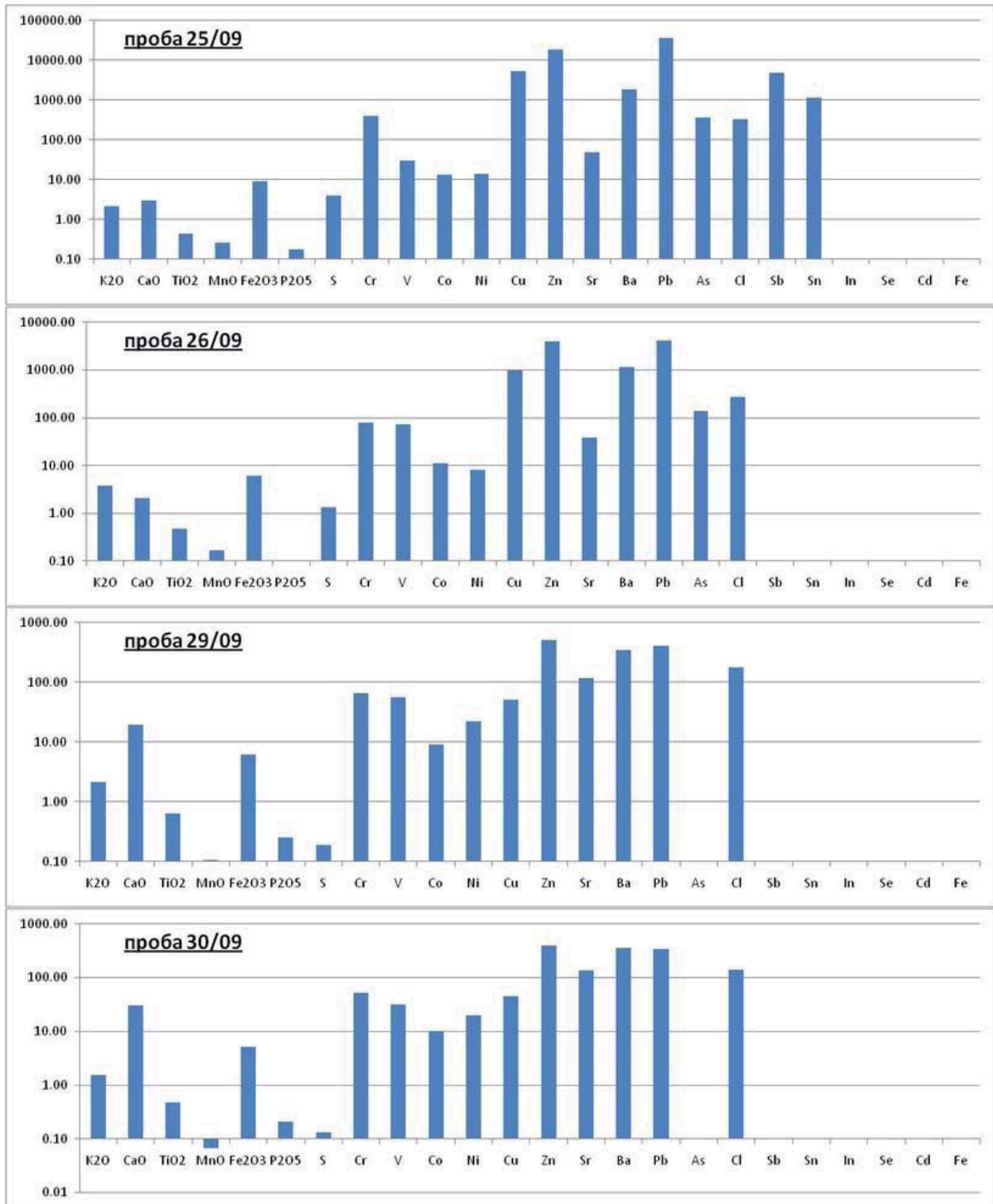




Рис. 3. Схема отбора проб воды из р. Ардон и ее притоков (Садонки, Архона, Унал-дона)

В зеленовато-сером м-з песке установлены следующие вариации содержаний (в г/т) элементов-токсикантов: S (в %) – 1,2–2,0; Cu – 740–1 110, Zn – 1 770–5 670, Pb – 2 610–9 950, As – 141–200, Sb – 880.

В переслаивающихся среднезернистых (с-з) и крупнозернистых (к-з) песках – 21/09 обнаружены содержания (в г/т) следующих элементов-токсикантов: S (в %) – 7,0; Cu – 16 840, Zn – 57 620, Pb – 87 730, As – 523, Sb – 19 090, Sn – 3 490.

Такие аномально высокие концентрации элементов-токсикантов, являющихся одновременно и экономически важными (Cu, Zn, Pb, Sb, Sn), могут быть объяснены периодическими изменениями в технологическом процессе обогащения – переизмельчением руд при дроблении, что приводило к резкому снижению флотационных свойств рудных минералов, и они уходили в отвальные «хвосты» глинистой и тонко- и мелкозернистой песчаной фракции – или серьезными и частыми за последние несколько лет (судя по мощности опробованного слоя промтоходов) сбоями в процессе флотации.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ, ВЫНОСЯЩИМЯ ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА МГОФ, ПОЧВ ПАСТБИЩ И ВОДЫ Р. АРДОН

Анализ данных, приведенных в *таблице 1*, убедительно показал, что лежащая на поверхности хвостохранилища тонкодисперсная фракция, в виде пылевых облаков, образующихся при сильном ветре, может существенно загрязнять почву пастбищ, сельхозугодий и воду р. Ардон и негативно влиять на здоровье населения поселков Зинцар, Одола, Унал и, возможно, Мизур. Так, в пробах почв (29/09, 30/09, 31/09, *таблица 1*), отобранных напротив хвостохранилища на травянистом склоне в левом борту долины р. Ардон и далее вниз по ее долине до туннеля, т. е. на расстояние ~ 2 км, четко выражено снижение содержания (в г/т) элементов-токсикантов: Cu – от 51 до 25, Zn – от 500 до 184, Pb – от 403 до 150, V – от 56 до 22, Cr – от 65 до 32, Ba – от 345 до 182. На этом примере четко видна степень загрязнения рядом элементов из промышленных

отходов МГОФ почв пастбищ, непосредственно примыкающих к хвостохранилищу.

Для оценки степени негативного воздействия захороненных промышленных отходов МГОФ и самоизливающихся шахтных вод на воду р. Ардон, использующуюся для орошения сельхозугодий на равнине и питьевого водоснабжения, была разработана оптимальная схема отбора проб.

Места отбора проб воды показаны на рис. 3, а результаты их анализа, методом ICP MS, приведены в таблице 2 и на рис. 4–5.

Для оценки степени загрязнения воды р. Ардон водами защитного озера хвостохранилища МГОФ и притоками р. Ардон, протекающими в районах месторождений Згид, Садон, Архон, Холст, Джимидон, Базанг и принимающими их шахтные воды, использовались нормы ПДК для воды и фоновая (для сравнения с остальными) проба 100-2/10 из р. Ардон, взятая в 500 м выше по ее течению от устья р. Садонки.

При сравнении с фоновой пробой в воде р. Садонки (проба 100-1/10) установлены повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: As – в 25; U – в 14; Sb, Te, Mo – в 6; W, Pb, V – в 4; Y, Cd, Zn – в 3; Nb, Zr, Sc, Cr, Ga, Ge – в 2 раза. Концентрация Ag уменьшилась в 19 раз.

При сравнении с фоновой пробой в воде р. Архон (проба 100-5/10) установлены повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: Sc – в 6; Mn, As – в 4; Sb, Te, W, Pb, Cd, Zr – в 2 раза. Концентрация Ag уменьшилась в 28 раз.

При сравнении с фоновой пробой в воде р. Унал-дон (проба 100-7/10) установлены повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: Zn – в 8; W – в 3; Sc, Sb, Te, Pb, Ni – в 2 раза.

При сравнении с фоновой пробой в воде (100-10/10) защитного озера хвостохранилища МГОФ установлены аномально повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: As – в 41 430; Te – в 17 720; Sb – в 10 430; Se – в 10 230; W – в 1 520; Pb – 930; Mo – в 390; V – в 105; Ge – в 70; Sn – в 50; Cr, Ga, Hg, Rb, U – в 21–26; Sc, Ti, Cs – в 12–19; Li, Ba, Cu, Ni, Zr – в 2–5 раз.

При сравнении с фоновой пробой в пробе из пульпопровода (100-9/10) в хвостохранилище МГОФ установлены повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: As – в 62; Sb – в 53; Ge – в 13; Zn, Cd, Te – 8; W, Ni – в 6; Mo – в 4; Cu, Ga, Nb, Se, Pb – в 3; Mn, Ba, Zr – в 2 раза.

При сравнении с фоновой пробой в пробе из ручья, вытекающего из основания насыпной дамбы (100-11/10) хвостохранилища МГОФ, установлены аномально повышенные (в разы) концентрации следующих элементов: As – в 44 390; Te – в 14 570; Se – в 10 260; Sb – 9 420; W

– в 1 500; Mo – в 486; Ga – 307; V – в 166; Ge – в 90; Hg – в 78; Sn – в 54; U, Cr – в 25; Sc, Zr, Ni, Ti – в 15–19; Nb, Ba – в 9; Li, Cd, Cs – в 6; Y, Zn – в 4 раза.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ Р. АРДОН И ЕЕ ПРИТОКОВ ЭЛЕМЕНТАМИ-ТОКСИКАНТАМИ, ВЫНОСЯЩИМИСЯ ИЗ ХВОСТОХРАНИЛИЩА МГОФ И ШАХТНЫМИ ВОДАМИ РУДНИКОВ САДОНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Анализ данных по сравнению геохимических особенностей проб воды из основных притоков р. Ардон, протекающих в районах месторождений Згид, Садон, Архон, Холст, Джимидон, Базанг; из защитного озера хвостохранилища; и из разных участков р. Ардон с аналогичными данными по фоновой пробе (100-2/10) и с нормами ПДК для воды, показал, что:

1. Вода р. Садонки (проба 100-1/10), принимающей шахтные воды месторождений Згид и Садон, существенно обогащена следующими элементами (здесь и далее в порядке уменьшения величин отношения к элементу в фоновой пробе): As, U, Sb, Te, Mo и в меньшей мере – W, Pb, V, Y, Cd, Zn, а норма ПДК превышена (здесь и далее в разы) в 2,5 – для As и в 1,5 – для Sb и Pb. Следовательно, р. Садонка загрязняет воду р. Ардон в слабой степени.

2. Вода р. Архон (проба 100-5/10), принимающей шахтные воды Архонского месторождения, существенно обогащена следующими элементами: Sc, As, Mn – и в меньшей мере – Sb, Te, W, Pb, Cd, а нормы ПДК не превышены ни по одному элементу. Следовательно, р. Архон загрязняет воду р. Ардон в малой степени.

3. Вода р. Унал-дон (проба 100-7/10), принимающей шахтные воды месторождений Холст, Джимидон и Базанг, незначительно обогащена следующими элементами: Zn, W, Sc, Sb, Te, Pb, Ni, а нормы ПДК не превышены ни по одному элементу. Поэтому степень загрязнения воды р. Ардон водами р. Унал-дон оценивается как крайне низкая.

4. Вода защитного озера хвостохранилища (проба 100-10/10) сильно обогащена следующими элементами: As, Te, Sb, Se, W, Pb, Mo, V, Ge, Sn, Cr, Ga, Hg, Rb, U, Sc, Ti, Cs – и в меньшей мере – в Li, Ba, Cu, Ni, Zr. Норма ПДК превышена для As – в 4 220, Sb – в 2 270, Se – в 276, Hg – в 217, Te – в 70, Sn – в 10, Pb – в 3. В случае прорыва насыпной дамбы вода защитного озера может сильно загрязнить воду р. Ардон. Важно отметить, что, судя по резко повышенным содержаниям As, Te, Sb, Se, W, Pb, Mo, V, Ge, Sn, Cr, Ga, Hg, Rb, U в воде защитного озера, в захо-

Таблица 2

Результаты геохимических исследований проб воды в районе
хвостохранилища МГОФ и Садонского рудного поля

№№ проб	Li	Be	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
ПДК, мг/л	0,03	0,0002	0	0,1	0,1	0,5	0,1	0,02	1	1	0	0
ПДК, мкг/л	30	0,2	0	100	100	500	100	20	1000	1000	0	0
100-1/10	3,03	0,00	0,95	0,66	0,04	1,54	3,73	1,55	3,99	32,76	0,49	0,02
100-2-10	3,69	0,00	0,47	0,68	0,00	0,77	2,06	1,26	2,65	9,95	0,27	0,00
100-3/10	3,49	0,00	0,59	0,33	0,00	0,74	3,20	1,06	2,69	22,77	0,50	0,01
100-4/10	3,42	0,00	0,56	0,54	0,00	0,81	2,18	3,82	2,57	20,67	0,28	0,01
100-5/10	1,12	0,00	0,50	0,67	0,00	0,31	8,68	1,39	2,07	15,39	0,17	0,01
100-6/10	3,64	0,00	0,53	2,00	0,25	1,07	3,98	8,01	10,49	65,97	0,44	0,04
100-7/10	3,00	0,00	0,89	0,68	0,00	0,54	3,49	2,78	3,25	79,41	0,32	0,01
100-8/10	3,16	0,00	0,63	0,63	0,00	0,97	0,94	0,62	1,14	6,95	0,25	0,02
100-9/10	5,93	0,00	0,57	0,58	0,17	0,91	5,28	8,35	9,91	80,31	0,78	0,13
100-10/10	19,48	0,01	6,08	8,09	105,18	17,65	1,53	2,82	6,94	9,81	67,32	71,09
100-11/10	24,68	0,01	7,21	13,16	166,54	20,55	2,95	15,82	10,42	35,50	82,87	91,54
100-12-10	3,64	0,00	0,46	0,77	0,00	0,80	2,05	1,83	3,34	15,49	0,30	0,05
100-13/10	3,49	0,00	0,60	0,41	0,00	0,75	1,72	0,63	1,87	12,54	0,34	0,04
100-14-10	38,30	0,00	0,89	0,69	0,00	1,43	0,90	1,17	1,21	9,21	0,93	0,38
100-15/10	65,40	0,01	1,47	1,16	0,16	2,31	0,97	2,06	2,99	13,21	0,94	0,75
100-16-10	4,00	0,00	0,48	0,40	0,00	0,63	1,42	0,74	1,86	6,96	0,37	0,04
№№ проб	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Rh	Pb	Ag	Cd
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
ПДК, мг/л	0,01	0,01	0.1	7	0	0	0,01	0,025	0	0	0.05	0.001
ПДК, мкг/л	10	10	100	7000	0	0	10	250	0	0	50	01
100-1/10	25,17	0,45	1,63	109,92	0,03	0,04	0,06	3,81	0,00	0,02	0,12	0,21
100-2-10	1,02	0,27	1,74	128,73	0,01	0,02	0,03	0,64	0,00	0,02	2,27	0,07
100-3/10	7,95	0,31	1,82	138,19	0,01	0,02	0,06	1,08	0,00	0,03	0,03	0,16
100-4/10	5,79	0,40	2,04	133,03	0,01	0,01	0,19	0,90	0,00	0,02	0,05	0,32
100-5/10	4,69	1,68	2,20	96,29	0,01	0,04	0,01	0,79	0,00	0,01	0,08	0,12
100-6/10	148,57	2,03	2,48	118,20	0,02	0,07	0,19	2,38	0,00	0,02	0,05	0,36
100-7/10	6,61	0,37	0,62	91,97	0,01	0,02	0,05	1,07	0,00	0,02	0,09	0,47
100-8/10	12,83	0,80	2,41	135,30	0,01	0,00	0,01	0,78	0,00	0,02	0,14	0,07
100-9/10	63,85	1,80	2,31	115,56	0,01	0,04	0,10	2,89	0,00	0,02	0,18	0,55
100-10/10	42262,20	2763,95	37,29	148,73	0,01	0,05	0,05	250,46	0,01	0,02	0,29	0,29
100-11/10	45285,36	2771,27	35,53	75,86	0,04	0,15	0,27	311,28	0,01	0,02	0,03	0,52
100-12-10	26,02	1,44	2,38	123,59	0,02	0,03	0,04	0,90	0,00	0,03	1,20	0,12
100-13/10	22,34	1,13	2,54	143,47	0,01	0,00	0,01	1,27	0,00	0,03	0,01	0,10
100-14-10	2,91	0,39	2,87	6867,61	0,02	0,02	0,02	1,99	0,06	1,40	0,05	0,08
100-15/10	13,79	0,84	4,84	12083,71	0,03	0,02	0,00	1,27	0,10	2,15	0,07	0,07
100-16-10	19,85	1,16	2,21	243,18	0,01	0,03	0,01	0,92	0,00	0,05	0,15	0,05

продолжение таблицы 2

№№ проб	Sn	Sb	Te	Cs	Ba	W	Re	Hg	Tl	Pb	U
	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
ПДК, мг/л	0	0,005	0,01	0	0,1	0,05	0	0,0001	0,0001	0,01	0,1
ПДК, мкг/л	0	5	10	0	100	50	0	0,1	0,1	10	100
100-1/10	0,00	6,78	0,25	0,01	17,76	0,12	0,00	0,00	0,00	15,44	3,72
100-2-10	0,00	1,09	0,04	0,03	13,55	0,03	0,00	0,00	0,00	3,85	0,27
100-3/10	0,00	2,60	0,14	0,03	20,94	0,04	0,00	0,00	0,00	13,13	0,35
100-4/10	0,00	2,11	0,12	0,03	12,28	0,04	0,00	0,00	0,00	8,10	0,31
100-5/10	0,00	2,20	0,08	0,05	8,64	0,05	0,00	0,00	0,00	7,77	0,03
100-6/10	0,00	10,35	0,47	0,06	16,97	0,25	0,00	0,00	0,00	8,20	1,07
100-7/10	1,52	2,25	0,10	0,00	14,99	0,11	0,00	0,00	0,00	6,73	0,13
100-8/10	0,00	5,33	0,09	0,04	9,64	0,06	0,00	0,00	0,00	1,66	0,28
100-9/10	0,00	58,15	0,35	0,03	28,09	0,18	0,00	0,00	0,00	10,92	0,30
100-10/10	50,12	11376,95	708,98	0,58	50,19	45,83	1,59	21,79	0,00	36,01	7,01
100-11/10	53,82	10273,44	582,92	0,15	130,72	45,04	1,41	78,81	0,01	1,27	6,81
100-12-10	0,00	22,25	0,09	0,04	12,46	0,09	0,00	0,00	0,00	5,74	0,48
100-13/10	0,00	18,10	0,16	0,04	13,60	0,06	0,00	0,00	0,00	7,33	0,66
100-14-10	0,00	4,39	0,05	0,29	42,35	0,86	0,01	0,00	0,00	1,61	0,99
100-15/10	0,00	2,46	0,07	0,67	28,93	0,32	0,01	0,00	0,00	2,81	0,37
100-16-10	0,00	19,86	0,04	0,03	16,84	0,09	0,00	0,00	0,00	2,52	0,50

Примечание: цветом выделены превышения норм ПДК по ряду элементов

роненных промышленных отходах, за время их хранения, под воздействием внешних и внутренних факторов, образовались подвижные и легко растворимые в воде минеральные формы или соединения этих элементов, являющихся более токсичными и подвижными, чем исходные соединения [12, 13]. При этом необходимо учитывать, что значительная часть тяжелых металлов из нижних горизонтов хвостохранилища, особенно их новообразованные в процессе хранения подвижные формы, могут путем инфильтрации проникать в подземную гидросферу с образованием обширных и контрастных гидрохимических ореолов разнообразных токсичных веществ в водоносных горизонтах, в том числе и используемых для питьевого водоснабжения.

5. Вода из пульпопровода (проба 100-9/10) обогащена следующими элементами: As, Sb, Ge, Zn, Cd, Te, W, Ni – и в меньшей мере – Mo, Cu, Ga, Nb, Se, Pb, Mn, Ba, Zr, а норма ПДК превышена для Sb – в 11, As – в 6, Pb – в 1,3. В случае аварии на линии пульпопровода текущая по нему вода, не говоря о пульпе, может загрязнять

воду р. Ардон в слабой степени из-за малого диаметра трубы.

6. Вода в ручье (проба 100-11/10), постоянно текущем из основания защитной дамбы хвостохранилища, в результате дренажа всей толщи промышленных отходов аномально обогащена следующими элементами: As, Te, Se, Sb, W, Mo, Ga, V, Ge, Hg, Sn, U, Cr, Sc, Zr, Ni, Ti, Nb – и в меньшей мере – Ba, Li, Cd, Cs, Y, Zn. Норма ПДК превышена для As – в 4 520, Sb – в 2 050, Hg – в 780, Se – в 270, Te – в 58, Sn – в 50; V, Ba – в 1,5. Вода ручья вносит определенный, но небольшой (из-за малого дебита) вклад в загрязнение вод р. Ардон.

Кроме того, при сравнении с нормами ПДК в воде из разных частей р. Ардон на отрезке от устья р. Архон и немного ниже курорта Тамиск выявлена следующая картина:

– в 100 м ниже по течению от устья р. Архон в воде р. Ардон (проба 100-6/10) установлено превышение (в разы) ПДК для As – в 14, Sb – в 2 и Pb – в 1,1 раза;

– в воде р. Ардон (проба 100-8/10), напротив

южного края хвостохранилища, норма ПДК для As превышена в 1,2 раза;

- в воде р. Ардон (проба 100-12/10), в 1,0 км ниже по течению от хвостохранилища, норма ПДК для As превышена в 2,6 и Sb – в 4,4 раза;

- в воде р. Ардон (проба 100-13/10), в 5,0 км ниже по течению от хвостохранилища, норма ПДК для As превышена в 2,2 и Sb – в 3,6 раза;

- в воде р. Ардон (проба 100-14/10), в 5,5 км ниже по течению от хвостохранилища, ниже устья ручья, вытекающего из сероводородного озера, норма ПДК для Li превышена в 1,2;

- в воде р. Ардон (проба 100-15/10), перед курортом Тамиск, напротив каптированного минерального источника, норма ПДК для Li превышена в 2,2 раза;

- в воде р. Ардон (проба 100-16/10), в 500 м ниже по течению от курорта Тамиск, норма ПДК для Li превышена в 2,2; As – в 1,4 и Sr – в 1,7 раза, что согласуется с данными В.С. Вагина, В.И. Голика [1] о зараженности вод р. Ардон мышьяком и рядом других элементов-токсикантов.

Мы обращаем внимание геологов на максимальное (2,27 мкг/л) для всего исследованного района содержание серебра в фоновой пробе (100-2/10) и не исключаем того, что от устья р. Садонки и где-то выше по течению р. Ардон может находиться рудная зона с серебряной минерализацией, из которой его подвижные формы попадают в р. Ардон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате геохимических исследований поверхностного (до глубины 0,5 м) и гетерогенного по гранулометрическому составу слоя промышленных отходов МГОФ установлены аномально высокие содержания As, Sb, Zn, Pb, Cu, Sn, варьирующие в пределах от многих сотен до десятков и сотен тысяч г/т (табл. 1), что соответствует богатым рудам, известным в Садонском рудном поле, и свидетельствует о сильной негативной нагрузке на экологическую обстановку прилегающих к хвостохранилищу территорий. Такие высокие концентрации элементов можно объяснить: периодическими изменениями в технологическом процессе обогащения – переизмельчении руд при дроблении, что приводило к резкому снижению флотационных свойств ряда рудных минералов и их «уходу» в отвальные «хвосты» глинистой и тонко- и мелкозернистой песчаной фракций; или серьезными и частыми за последние несколько лет (судя по 0,5 м мощности изученного поверхностного слоя с аномально высокими концентрациями ряда рудных элементов) сбоями в процессе флотации.

2. Анализ данных, приведенных в таблице 1, убедительно показал, что лежащая на поверх-

ности хвостохранилища тонкодисперсная и наиболее обогащенная элементами-токсикантами фракция, в виде пылевых облаков, возникающих при сильном ветре, дующем вдоль долины, существенно загрязняет почву пастбищ, сельхозугодий и воду р. Ардон и может негативно влиять на здоровье населения поселков Зинцар, Одола, Унал и, возможно, Мизур. Так, в пробах почв (29/09, 30/09, 31/09, табл. 1), взятых на травянистом склоне в левом борту долины р. Ардон, от хвостохранилища и вниз по долине на расстояние ~ 2 км, четко выражено снижение содержания (в г/т) элементов-токсикантов: Cu – от 51 до 25, Zn – от 500 до 184, Pb – от 403 до 150, V – от 56 до 22, Cr – от 65 до 32, Ba – от 345 до 182, т. е. по мере удаления от хвостохранилища. На этом примере четко видна степень загрязнения рядом элементов из промышленных отходов МГОФ почв пастбищ, непосредственно примыкающих к хвостохранилищу.

3. Основываясь на данных о сильном загрязнении воды защитного озера хвостохранилища As, Te, Sb, Se, W, Pb, Mo, V, Ge, Sn, Cr, Ga, Hg, Rb, U, Sc, Ti, Cs (табл. 2), мы считаем, что в захороненных промышленных отходах за время их хранения, под воздействием внешних и внутренних факторов, образовались подвижные и легко растворимые в воде минеральные формы или соединения вышеуказанных элементов, являющихся более токсичными и подвижными, чем исходные соединения [12, 13]. При этом важно учитывать, что значительная часть тяжелых металлов из нижних горизонтов хвостохранилища, особенно их новообразованные в процессе хранения подвижные формы, могут путем инфильтрации проникать в подземную гидросферу с образованием обширных и контрастных гидрохимических ореолов разнообразных токсичных веществ в водоносных горизонтах, используемых в том числе и для питьевого водоснабжения. Этот вывод подтвержден данными о геохимическом составе воды ручья (проба 100-11/10, таблица 2), вытекающего из основания насыпной дамбы и дренирующего промышленные отходы на всю их мощность.

4. Анализ данных по геохимическому составу и нормам ПДК для ряда элементов вод притоков р. Ардон, протекающих в районах рудников и загрязняющихся шахтными водами, и их сравнение с фоновой пробой (100-2/10) показал, что они вносят определенный и постоянный вклад в загрязнение элементами-токсикантами воды р. Ардон, причем особенно большой вклад в этот процесс вносят р. Садонка и постоянно текущий из основания дамбы хвостохранилища и впадающий в р. Ардон ручей, в воде которого установлены аномально высокие содержания As, Te, Se, Sb, W, Mo, Ga, V, Ge, Hg, Sn, U, Sc, Cd, Zn, при

превышении (в разы) норм ПДК: для As – в 4 520, Sb – в 2 050, Hg – в 720, Se – в 270, Te – 58 и Sn – в 50 раз (табл. 2).

5. Доказано негативное воздействие находящихся в хвостохранилище промышленных отходов МГОФ на экологическую обстановку прилегающей территории. Оно выразилось в загрязнении тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв и воды р. Ардон. Поэтому возник вопрос об утилизации этих промышленных отходов. При этом необходим выбор наиболее эффективных подходов при разработке методов или технологии их полной утилизации, с предварительным извлечением экономически важных и экологически вредных металлов. В качестве основного метода утилизации «хвостов» предла-

гается адаптация термогидрометаллургической технологии, ранее использовавшейся для переработки упорных золотых руд, колчеданных, полиметаллических руд и пиритных огарков [2, 3].

Утилизация захороненных промышленных отходов МГОФ позволит не только получить необходимые народному хозяйству металлы, стройматериалы, но и снизит негативную нагрузку на экологическую обстановку этого района РСО-А и уменьшит степень риска возникновения техногенных катастроф, связанных с возможным прорывом насыпной дамбы хвостохранилища. Кроме того, будет решен ряд экономических и социальных проблем региона, связанных со здоровьем населения и созданием новых рабочих мест на фоне безработицы в регионе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Республики Северная Осетия-Алания; Программы 4 Президиума РАН, Направления 2, Проекта 2, Раздела «Кавказско-Анатолийско-Иранско-Левантийский сегмент» и Направления 3, Проекта 3.5, подпроекта «Современные изменения природной среды Северного Кавказа», гранта Президента РФ для поддержки ведущих научных школ 2012–2013 гг. (проект НШ-2721.2012, руководитель академик О.А. Богатилов) и проекта РФФИ № 11-05-0000726. Значительный объем аналитических исследований выполнен в рамках поисковой темы ИГЕМ РАН 1П.

Авторы статьи искренне признательны председателю ВЦ РАН и Правительства РСО-А А.Г. Кусраеву за постоянное внимание и поддержку наших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагин В.С., Голик В.И. Проблемы использования природных ресурсов Южного федерального округа // Учебник для вузов. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005. 192 с.
2. Винокуров С.Ф. Термогидрометаллургический способ комплексной переработки медного концентрата с извлечением цветных и благородных металлов // Патент на изобретение. – М.: 2005. Бюлл. № 18.
3. Винокуров С.Ф., Хитров В.Г. Способ переработки упорных руд благородных металлов // Патент на изобретение. – М.: 1998. Бюлл. № 17.
4. Жариков В.А., Борисов М.В., Матвеев А.А., Ермаков В.В., Шестакова Т.В., Семенов Ю.Н., Пряничникова Е.В. Комплексные геохимические, экологические и биогеохимические исследования в горнорудном районе / III Международное совещание, посвященное 10-летию Научно-исследовательского института геохимии биосферы РГУ. – Новороссийск, 2001 г. С. 217–220.
5. Матвеев А.А., Пряничникова Е.В., Шестакова Т.В., Семенов Ю.Н. Геохимическая оценка воздействия Унальского хвостохранилища Садонского свинцово-цинкового комбината (Северная Осетия-Алания) на окружающую среду // Известия секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Вып. 12. – М., 2004 г. С. 136–147.
6. Пряничникова Е.В. Оценка эколого-геохимического состояния природных сред в районе Унальского хвостохранилища ССЦК / 3-я экологическая конференция студентов и молодых ученых вузов г. Москвы «Охрана окружающей среды на пороге 3-го тысячелетия в интересах устойчивого развития». – М., 1999. С. 127–130.
7. Пряничникова Е.В., Семенов Ю.Н., Шестакова Т.В. Оценка эколого-геохимического состояния природных сред в районе Унальского хвостохранилища. / Материалы Международной конференции «Экологическая геология и рациональное недропользование». – СПб., 2000. С. 225–226.
8. Пряничникова Е.В. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах горнорудного района / XI Международная научная конференция «Ломоносов – 2004». – М., 2004. С. 146.
9. Пряничникова Е.В. Оценка загрязнения поверхностных вод и донных отложений тяжелыми металлами в горнорудном районе / V междувузовская молодежная научная конференция «Школа экологической геологии и рационального недропользования». – СПб., 2004. С. 273–275.
10. Пряничникова Е.В. Эколого-геохимические исследования в горнорудных районах (на примере Северной Осетии). / Вестник Московского Университета; серия 4. Геология. № 2. – М., 2005 г. С. 48–54.
11. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др. – М.: Недра, 1990. 335 с.
12. Чантурия В.А. Прогрессивные технологии обогащения руд комплексных месторождений благородных металлов // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 321–328.
13. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М., 2006. 216 с.
14. Bortnikov N.S.; Shazzo Yu.K.; Gurbanov A.G. et al. Factory waste influence on Elbrus adjacent area // ISSEBETS. 27–29 August 2009. Ager. Hungary. 2009.