

# Результаты исследования воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината на воду р. Баксан и ее притоков

(Кабардино-Балкарская Республика, Россия)

Бортников Н.С.<sup>1</sup>, Богатиков О.А.<sup>2</sup>, Карамурзов Б.С.<sup>3</sup>, Гурбанов А.Г.<sup>4</sup>,

Шаззо Ю.К.<sup>5</sup>, Газеев В.М.<sup>6</sup>, Докучаев А.Я.<sup>7</sup>, Лексин А.Б.<sup>8</sup>,

Цуканова Л.Е.<sup>9</sup>, Петренко Д.Б.<sup>10</sup>, Шевченко А.В.<sup>11</sup>

До 2009 года специальных исследований по состоянию хвостохранилищ и их воздействию на экологическую обстановку прилегающих территорий (включая водотоки) в Кабардино-Балкарской Республике не проводилось. Имеются лишь отрывочные сведения о том, что отходы Мизурской обогатительной фабрики Садонского полиметаллического комбината (РСО-А) загрязняли воды реки Ардон свинцом, цинком и мышьяком [3, 4, 5].

Изучение проблемы загрязнения окружающей среды в Кабардино-Балкарской Республике захороненными промышленными отходами обогатительной фабрики ТВМК начато лишь в последнее время [1, 2, 6]. В результате проведенных исследований, помимо данных о содержаниях тяжелых металлов, элементов-токсикантов и распределении их в почвенно-растительном слое, получена аналогичная информация о водотоках территорий, как на прилегающих к хвостохранилищам ТВМК участках, так и на значительном удалении вниз и вверх по долине р. Баксан.

Учитывалось, что значительная часть тяжелых металлов из нижних горизонтов хвостохранилищ, особенно их новообразованные в процессе хранения подвижные формы, может 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.

Наши визуальные наблюдения за состоянием плотины суперхранилища №1 и данные по неот-

ектонике этого района свидетельствуют о появлении новых микронарушений в насыпной плотине. Она представляет серьезную экологическую опасность, так как в случае проявления мелкофокусных землетрясений с глубиной эпицентров до 10 км и с  $M = 6-7$  или при сходе крупного селевого потока она может быть разрушена, и огромный техногенный сель пойдет вниз по долине р. Баксан. Это повлечет за собой поступление токсичных веществ, особенно их новообразованных подвижных форм, в водоносные четвертичные аллювиальные отложения (мощность которых в долине р. Баксан достигает 250 м) и их накопление в глубоком предгорном прогибе на выходе реки на равнину в районе города Баксан, где сосредоточены сельскохозяйственные объекты. А это уже региональная экологическая катастрофа с соответствующими последствиями.

Нами также установлено, что временными поверхностными водотоками, появляющимися после сильных ливней и интенсивного таяния снежного покрова, и дренажными водами из «защитных» озер суперхранилища № 1 загрязняются воды р. Баксан, используемые населением как для питья, так и для полива сельскохозяйственных культур.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

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

– от силы и скорости ветров, дующих утром и днем – вверх по долине, а вечером и ночью – вниз по долине, то есть от степени дальности

<sup>1</sup> Бортников Н.С. – академик РАН, директор ИГЕМ РАН.

<sup>2</sup> Богатиков О.А. – академик РАН, гл. н. с. ИГЕМ РАН.

<sup>3</sup> Карамурзов Б.С. – д. ф.-м. н., профессор, ректор КБГУ.

<sup>4</sup> Гурбанов А.Г. – к. г.-м.н., в.н.с. ИГЕМ РАН.

<sup>5</sup> Шаззо Ю.К. – к. х. н., НПО «Энергия», Москва.

<sup>6</sup> Газеев В.М. – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН.

<sup>7</sup> Докучаев А.Я. – к. г.-м. н., ст. н. с. ИГЕМ РАН.

<sup>8</sup> Лексин А.Б. – вед. программист ИГЕМ РАН.

<sup>9</sup> Цуканова Л.Е. – н.с. НИИ физики ЮФУ, Ростов-на-Дону.

<sup>10</sup> Петренко Д.Б. – ст. лаборант ИГЕМ РАН.

<sup>11</sup> Шевченко А.В. – к. пед. н., профессор, зав. кафедрой чрезвычайных ситуаций КБГУ.



Рис. 1. Места отбора проб воды из реки Баксан и питающих ее водотоков

переноса тонкодисперсного материала хвостохранилищ, который может поступать как в р. Баксан, так и в питающие ее водотоки;

- от масштабов переноса материала с поверхности хвостохранилищ, с отвалов «пустой» породы с карьеров ТВМК временными водотоками (таяние снежного покрова, после сильных и продолжительных дождей);

- от объема шахтных вод, вытекающих из подземных горных выработок ТВМК.

Анализы проб воды из защитных озер суперхранилища №1 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:  ${}^7\text{Li}$  – 17 400 имп/с/(ppb, мкг/л);  ${}^{59}\text{Co}$  – 24 700 имп/с/(ppb, мкг/л);  ${}^{115}\text{In}$  – 62 900 имп/с/(ppb, мкг/л);  ${}^{238}\text{U}$  – 103 000 имп/с/(ppb, мкг/л). Уровень оксидных ионов (CeO/Ce) – 1,7 %. Уровень двухзарядных ионов ( $\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}$ ) – 1,4 %. Для калибровки прибора использовались многоэлементные стандартные растворы Perkin Elmer Pure Plus № 9 300 232, № 9 300 233, № 9 300 234 и № 9 300 235.

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, Ba, Ta, Bi, Nb, V, Cu, Ag, U в пробах природных вод с применением в качестве внутренних стандартов группы обогащенных изотопов:  ${}^{61}\text{Ni}$ ,  ${}^{101}\text{Ru}$ ,  ${}^{115}\text{In}$ ,  ${}^{161}\text{Dy}$ . Правильность методики и полученных результатов про-

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

#### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ВОДОСБОРА РЕКИ БАКСАН

Места отбора проб воды показаны на рис. 1, а результаты их анализа, методом ICP-MS, приведены в таблице и на рис. 2–3.

Для оценки степени загрязнения природных вод защитных озер материалом захороненных промышленных отходов из суперхранилища № 1 и р. Баксан водотоками, протекающими через карьеры или вытекающими из подземных горных выработок ТВМК, использовались фоновые (сравнительные) пробы.

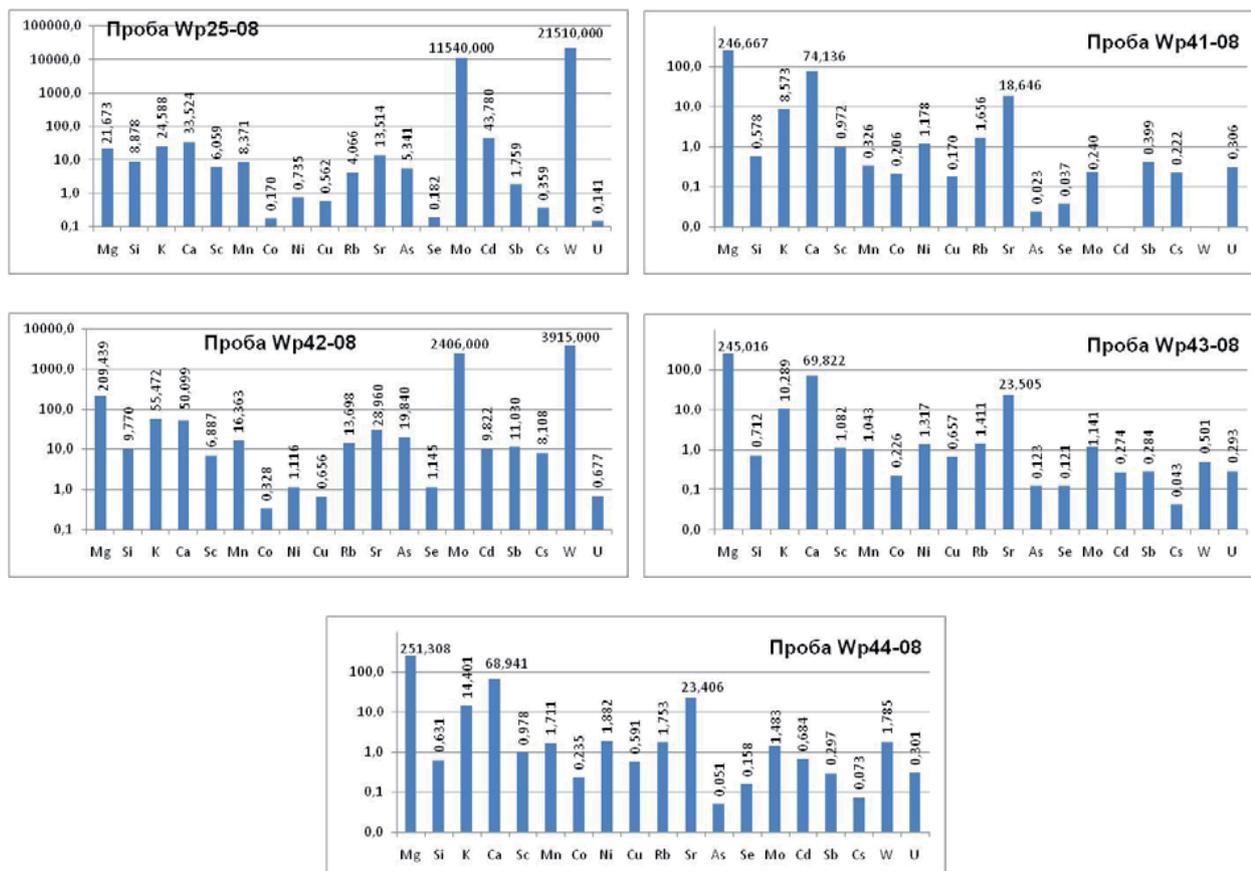


Рис. 2. Содержания (мкг/л) микроэлементов в воде защитных озер суперхранилища 1 промышленных отходов ТВМК, определенные методом ICP-MS

Для оценки степени загрязнения вод защитных озер материалом захороненных промышленных отходов в суперхранилище № 1 использовалась в качестве фоновой проба 41/08, взятая из р. Гижигт перед ее впадением в защитное озеро суперхранилища № 1. Река, до впадения в защитное озеро, протекает по меловым и верхнеюрским известнякам и по песчаникам, алевролитам и аргиллитам средней и нижней юры. С пробой 41/08 («ФП») проводилось сравнение геохимических составов остальных проб воды (рис. 2).

Вода в большом озере (проба 43/08) взята в его северо-восточной части, на большом удалении от устья деривационного тоннеля, являющегося частично проточным за счет сброса излишков воды по деривационному тоннелю. Вода обогащена по сравнению с «ФП»: Mn, Cu и Cd – в 3 раза, Mo и W – в 5 раз. Вторая проба (44/08) отобрана в юго-западной части большого озера на небольшом удалении от устья деривационного тоннеля. Вода в этой части озера является более проточной, чем в месте отбора пробы 43/08, и поэтому в меньшей мере обогащена рудными элементами по сравнению с последней. В сравнении с «ФП», она обогащена теми же рудными элементами, что и проба 43/08: K и W – в 2 раза,

Mn и Cu – в 3 раза, Mo – в 5 раз, Cd – в 6 раз. Следовательно, вода этого озера загрязняется промышленными отходами, содержащими рудные минералы вышеуказанных элементов. Вода, вытекающая из этого озера по деривационному тоннелю (проба 24/08), загрязнена этими же элементами: Mn – в 1,5 раза, Cu – в 2,5 раза, Mo – в 10 раз, Cd – в 3 раза, W – в 5 раз.

Вода в малом озере (проба 42/08), которое с 2005 г. является непроточным, более сильно загрязнилась экологически вредными элементами, содержащимися в захороненных промышленных отходах ТВМК. В ней, по сравнению с «ФП», резко увеличились содержания: K, Sc – в 6 раз, Mn – в 48 раз, Cu – в 3 раза, Mo – в 1 000 раз, Cd – в 9 раз, Sb – в 27 раз, Cs – в 40 раз, W – в 1000 раз, U – в 2 раза.

Вода, вытекающая в виде маленького ручья из нижней части насыпной защитной дамбы (проба 25/08), проходила через 160-метровую толщу промышленных отходов с новообразованными в процессе хранения подвижными минеральными формами и с остатками химических реагентов, использовавшихся в процессе обогащения. Поэтому такая вода стала химически агрессивной, растворяя рудные минералы, резко обогащаясь при этом рядом рудных и экологически опасных

**Таблица**  
**Содержания ряда элементов в пробах воды (мкг/л), определенные методом ICP-MS**

Номер пробы	Элемент								
	Li	Na	Mg	Si	K	Ca	Sc	Mn	Co
Wp10-08	0.960	2.909	44.953	0.365	4.832	42.483	0.182	0.348	0.107
Wp11-08	0.520	2.396	63.925	0.204	4.389	26.722	0.045	0.663	0.051
Wp12-08	0.016	1.684	35.732	0.000	5.218	23.641	0.000	1.356	0.035
Wp13-08	0.213	3.304	40.779	0.124	6.433	22.342	0.038	1.192	0.073
Wp14-08	0.950	3.081	44.860	0.374	6.132	22.474	0.318	0.590	0.058
Wp15-08	0.139	2.573	34.517	0.349	5.210	21.790	0.319	0.721	0.065
Wp16-08	1.273	9.671	125.452	1.337	14.444	147.480	1.220	0.814	0.519
Wp17-08	7.359	18.033	188.442	1.850	30.399	301.123	1.925	0.554	1.066
Wp18-08	1.047	3.030	49.252	0.411	6.685	28.087	0.652	0.893	0.079
Wp19-08	1.107	3.510	48.785	0.411	7.226	24.521	0.593	1.070	0.069
Wp20-08	5.028	7.720	137.975	0.722	8.221	86.573	0.880	0.404	0.226
Wp21-08	1.095	2.575	47.850	0.399	6.121	26.216	0.615	0.502	0.093
Wp22-08	1.078	3.335	42.181	0.385	8.921	26.018	0.593	0.866	0.076
Wp23-08	1.668	4.788	61.745	0.469	7.511	28.748	0.660	0.683	0.105
Wp24-08	3.129	9.546	216.791	0.597	8.666	66.938	0.768	0.472	0.196
Wp25-08	0.584	344.031	21.673	8.878	24.588	33.524	6.059	8.371	0.170
Wp26-08	1.178	3.594	53.302	0.395	6.303	28.902	0.648	0.932	0.087
Wp41-08	4.075	9.125	246.667	0.578	8.573	74.136	0.972	0.326	0.206
Wp42-08	4.197	283.697	209.439	9.770	55.472	50.099	6.887	16.363	0.328
Wp43-08	3.604	9.073	245.016	0.712	10.289	69.822	1.082	1.043	0.226
Wp44-08	3.600	10.824	251.308	0.631	14.401	68.941	0.978	1.711	0.235

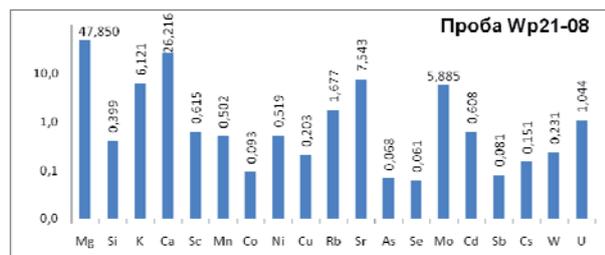
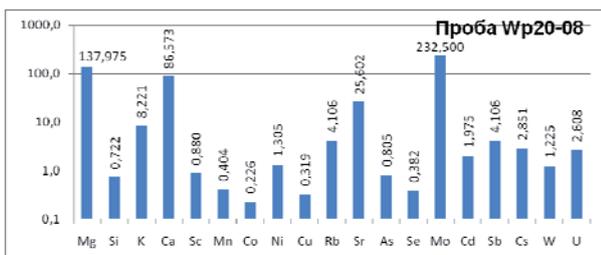
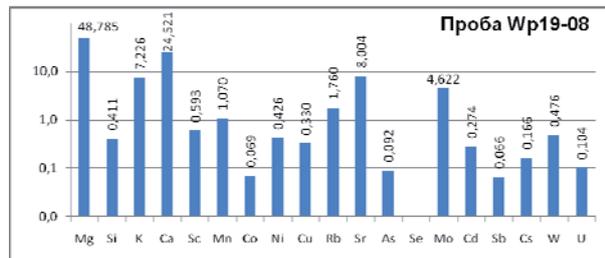
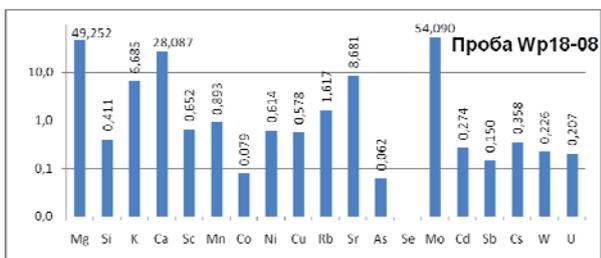
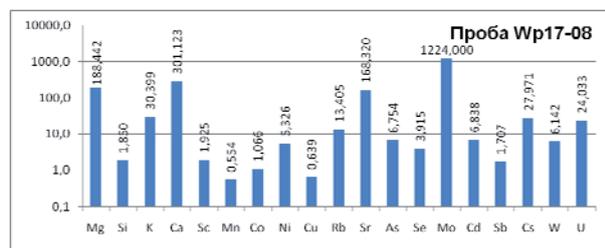
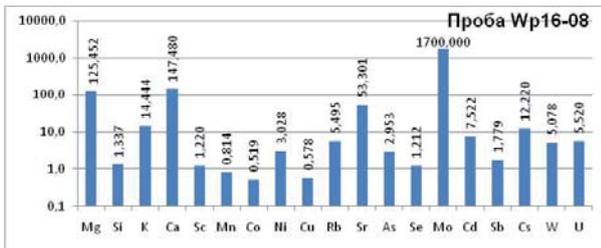
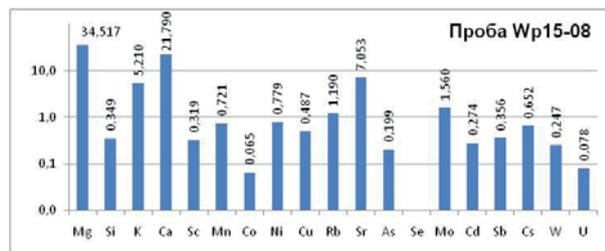
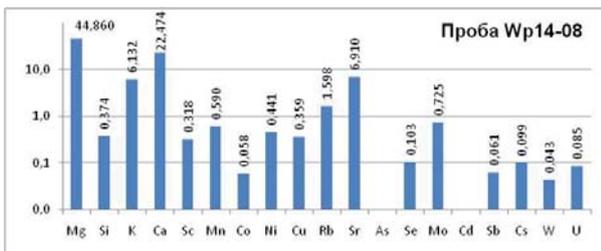
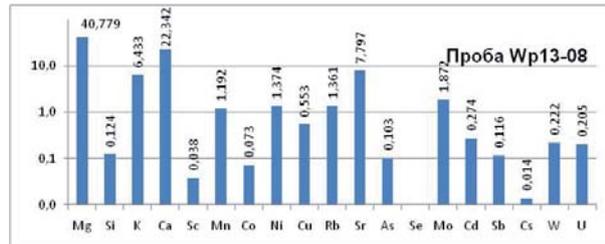
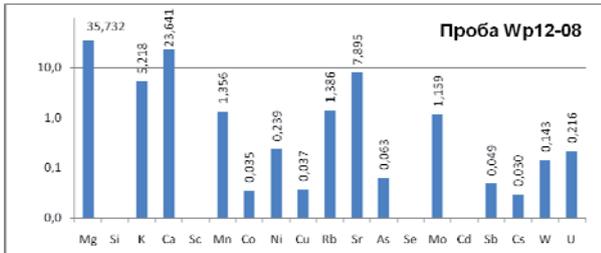
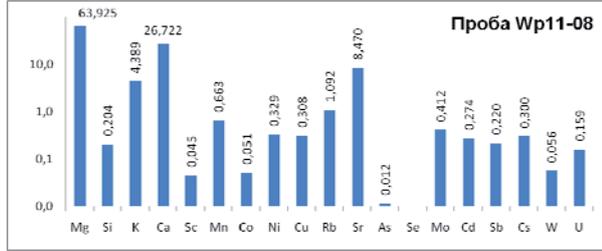
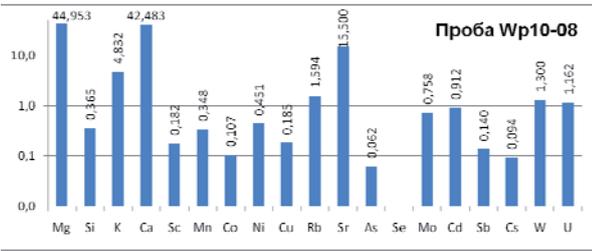
**Таблица (окончание)**

Номер пробы	Элемент											
	Ni	Cu	Rb	Sr	As	Se	Mo	Cd	Sb	Cs	W	U
Wp10-08	0.451	0.185	1.594	15.500	0.062	0.000	0.758	0.912	0.140	0.094	1.300	1.162
Wp11-08	0.329	0.308	1.092	8.470	0.012	0.000	0.412	0.274	0.220	0.300	0.056	0.159
Wp12-08	0.239	0.037	1.386	7.895	0.063	0.000	1.159	0.000	0.049	0.030	0.143	0.216
Wp13-08	1.374	0.553	1.361	7.797	0.103	0.000	1.872	0.274	0.116	0.014	0.222	0.205
Wp14-08	0.441	0.359	1.598	6.910	0.000	0.103	0.725	0.000	0.061	0.099	0.043	0.085
Wp15-08	0.779	0.487	1.190	7.053	0.199	0.000	1.560	0.274	0.356	0.652	0.247	0.078
Wp16-08	3.028	0.578	5.495	53.301	2.953	1.212	1700.000	7.522	1.779	12.220	5.078	5.520
Wp17-08	5.326	0.639	13.405	168.320	6.754	3.915	1224.000	6.838	1.707	27.971	6.142	24.033
Wp18-08	0.614	0.578	1.617	8.681	0.062	0.000	54.090	0.274	0.150	0.358	0.226	0.207
Wp19-08	0.426	0.330	1.760	8.004	0.092	0.000	4.622	0.274	0.066	0.166	0.476	0.104
Wp20-08	1.305	0.319	4.106	25.602	0.805	0.382	232.500	1.975	4.106	2.851	1.225	2.608
Wp21-08	0.519	0.203	1.677	7.543	0.068	0.061	5.885	0.608	0.081	0.151	0.231	1.044
Wp22-08	0.441	0.325	1.867	7.685	0.135	0.000	5.680	0.274	0.098	0.128	0.204	1.097
Wp23-08	2.081	0.440	1.879	9.583	0.157	0.012	8.370	0.000	0.261	0.212	0.248	0.807
Wp24-08	1.119	0.409	1.172	22.768	0.032	0.000	2.591	0.000	0.260	0.032	1.657	0.396
Wp25-08	0.735	0.562	4.066	13.514	5.341	0.182	11540.0	43.780	1.759	0.359	21510.0	0.141
Wp41-08	1.178	0.170	1.656	18.646	0.023	0.037	0.240	0.000	0.399	0.152	0.992	0.572
Wp42-08	1.116	0.656	13.698	28.960	19.840	1.145	2406.0	9.822	11.03	0.109	0.622	1.342
Wp43-08	1.317	0.657	1.411	23.505	0.123	0.121	1.141	0.274	0.284	0.142	0.425	1.084
Wp44-08	1.882	0.591	1.753	23.406	0.051	0.158	1.483	0.684	0.297	0.012	0.086	0.558

элементов. Вода этой пробы обогащена, по сравнению с «ФП», следующими элементами: Na – в 36 раз, Si – в 7 раз, K, Ni, Cu, Rb – в 3 раза, Sc – в 6 раз, Mn – в 21 раз, Mo – в 48 000 раз, Cd – в 43 раза, Sb – в 4 раза, W – в 21 500 раз.

Из приведенных данных видно, что вода защитных озер на поверхности суперхранилища № 1 загрязняется рядом элементов, руды которых перерабатывались на обогатительной фа-

брике ТВМК. Причем степень загрязнения воды в непроточном озере значительно выше, чем в проточном. Этот процесс загрязнения воды защитных озер представляет определенную опасность для экологической обстановки в Приэльбрусье, так как вода из большого озера по деривационному тоннелю в течение 20 лет постоянно сбрасывается в р. Баксан и загрязняет ее. Водоток, вытекающий из деривационного тонне-



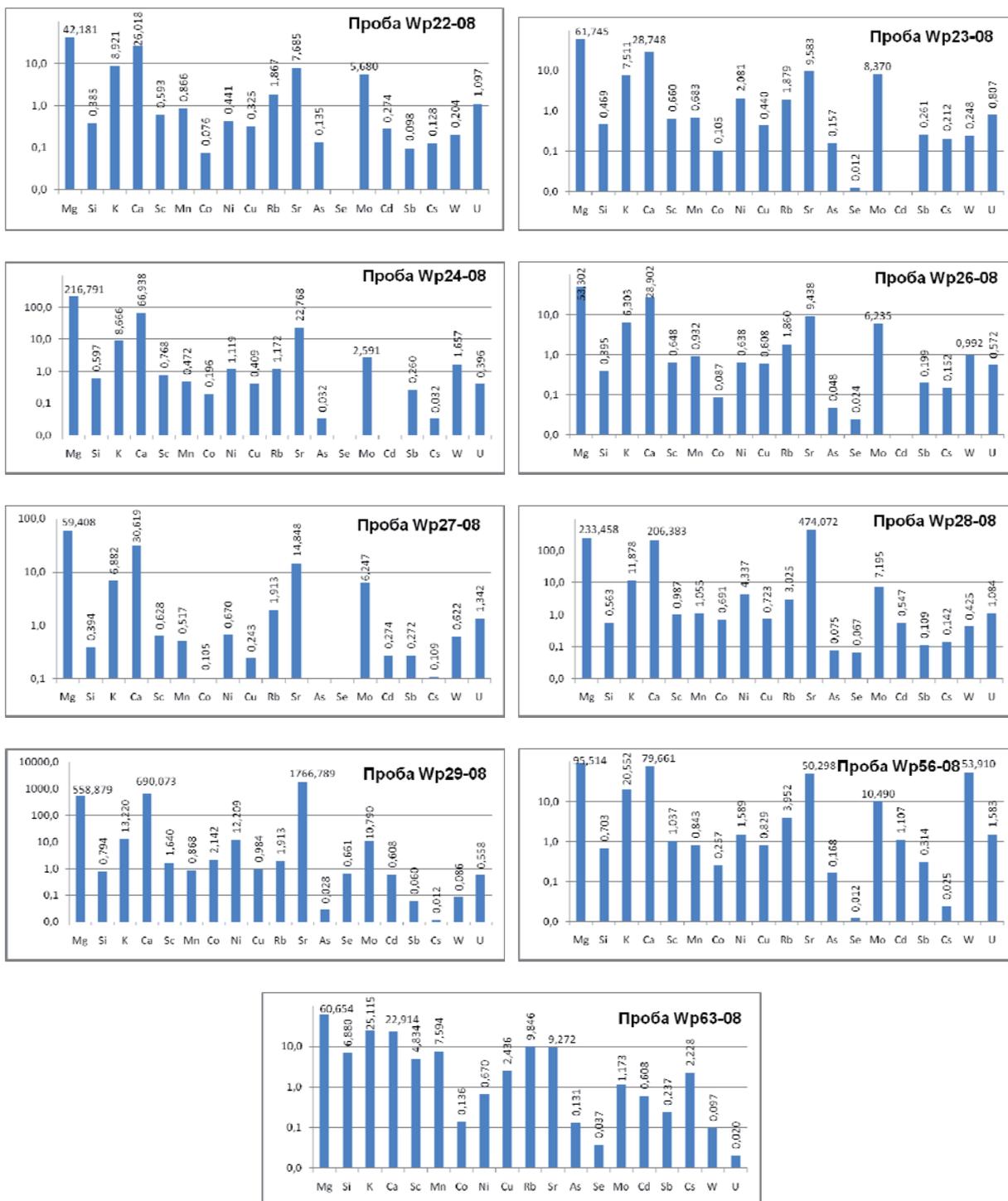


Рис. 3. Содержания (мкг/л) микроэлементов в пробах воды из р. Баксан и ее притоков, определенные методом ICP-MS

ля, по объему составляет ~1/6 часть дебита р. Баксан при примерно одинаковых скоростях течения. При оценке загрязняющего воздействия этого водотока на воду р. Баксан следует учитывать, что в его воде определены содержания (в мкг/л) следующих, в том числе и вредных элементов: Li – 3,13, Na – 9,5, Mg – 216,8, K – 8,7, Ca – 66,9, Sc – 0,77, Co – 0,19, Cu – 0,41, Sr – 23,8, Mo – 2,6, Sb – 0,26, W – 1,66, U – 0,39.

Для оценки степени возможного загрязнения воды р. Баксан впадающими в нее водотоками, протекающими через карьеры, рудопроявления и рудные тела молибденового месторождения Гитче-Тырныауз, или вытекающими из подземных горных выработок ТВМК, в качестве фоновой (сравнительной), была использована проба воды из р. Баксан 10/08 («ФПБ»), отобранная в 50 м выше моста через р. Баксан в районе «Нейтринной» обсерватории, т. е. на значительном удалении от всех известных рудопроявлений. С нею проведено сравнение геохимических составов остальных проб воды (рис. 3).

Проба 11/08 взята в устьевой части р. Кыртык (левый приток р. Баксан). В истоках реки (в 20 км от места отбора пробы 11/08) расположено рудопроявление вольфрама – Субаши, а в нижнем течении – рудопроявления меди и сурьмы. В водах этой реки установлено повышенное, по сравнению с «ФПБ», содержание Mg и Sb – в 1,5 раза, Mn и Cu – в 2 раза, Cs – в 3 раза. Следовательно, воды этого довольно крупного притока не могут загрязнять тяжелыми и канцерогенными элементами основную водную артерию района, реку Баксан.

Проба 12/08 взята в устьевой части р. Адырсу (правый приток р. Баксан). В среднем течении реки (в 7 км от места отбора пробы 12/08) известны рудопроявления молибдена. В водах этой реки, по сравнению с «ФПБ», установлены повышенные содержания Mn – в 4 раза и Mo – в 1,5 раза. Поэтому воды и этой полноводной реки не могут существенно загрязнять молибденом воду р. Баксан.

Проба 13/08 взята в устьевой части р. Сабалык-су (правый приток р. Баксан); в ее нижнем течении имеются рудопроявления молибдена и меди. В водах этой реки, по сравнению с «ФПБ», установлены повышенные содержания Mn – в 3 раза, Mo и Cu – в 2,5 раза. Воды этой реки также не могут существенно загрязнять молибденом и медью из-за их низких концентраций (1,2; 0,55 и 1,9 мкг/л соответственно) воду р. Баксан.

Проба 14/08 взята в левом борту долины р. Баксан выше впадения в нее ручья, стекающего с Мукуланского карьера ТВМК. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания

Sc, Mn, Cu – в 1,5 раза. Следовательно, можно сделать вывод о том, что на отрезке течения р. Баксан протяженностью 7 км между пробами 10/08 и 14/08 вода в р. Баксан не загрязняется боковыми притоками, в долинах которых имеются мелкие рудопроявления вольфрама, молибдена, сурьмы и меди.

Проба 15/08 взята в устье маленького ручья, стекающего с Мукуланского карьера и впадающего в р. Баксан. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Sc – в 1,5 раза, Mn, Cu, Mo, Sb – в 2 раза, Cs – в 6 раз.

Проба 16/08 взята в устье ручья, стекающего с Мукуланского карьера (по нему часто сходят селевые потоки) и впадающего в р. Баксан. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Na, Mn – в 2 раза, Mg, Si, K, Ca, Cu, Rb, Sr – в 3 раза, Sc – в 6 раз, Co – в 5 раз, Mo – в 2 240 раз, Cd – в 8 раз, Sb – в 12 раз, Cs – в 1 200 раз, W и U – в 5 раз. Вода этого ручья может незначительно (из-за своего малого дебита) загрязнять воду р. Баксан следующими элементами: Mo, Cs, Sb и Cd.

Проба 17/08 взята из ручья Большой Мукулан, стекающего с Мукуланского карьера (по нему сходят техногенные селевые потоки) и впадающего в р. Баксан. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Li, Ca и Cd – в 7 раз, Na и K – в 6 раз, Mn – в 2 раза, Mg – в 4 раза, Si – в 5 раз, Cu – в 3 раза, Rb – в 9 раз, Sr и Sb – в 12 раз, Sc и Co – в 10 раз, Mo – в 1 610 раз, Cs – в 2 700 раз, W – в 5 раз, U – в 23 раза. Вода этого ручья может незначительно (из-за своего малого дебита) загрязнять воду р. Баксан следующими элементами: Mo, Cs, Sr, Sb, Cd, Sc, Co, U.

Проба 18/08 взята из р. Баксан в левом борту долины в 30 м выше места впадения в нее ручья Большой Мукулан, стекающего с Мукуланского карьера (по нему сходят техногенные селевые потоки). При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Sc – в 4 раза, Mn – в 3 раза, Cu – в 2 раза, Mo – в 6 раз; Cs – в 3,5 раза. Следовательно, вода этого ручья не может вносить существенный вклад в загрязнение тяжелыми металлами воды в р. Баксан.

Проба 19/08 взята из р. Баксан в левом борту долины напротив обогатительной фабрики ТВМК. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Sc – в 3 раза, Mn – в 3 раза, Cu – в 2 раза, Mo – в 6 раз, Cs – в 2 раза. Поэтому вода р. Баксан слегка загрязняется Cu и Mo, которые могли выноситься из четвертичных отложений с территории обогатительной фабрики временными водотоками (дождь, таяние снега).

Проба 20/08 взята из р. Камык-су (левый приток р. Баксан), протекающей через карьер

мелкого молибденового месторождения Гитче-Тырныауз с сурьмяной минерализацией и принимающей постоянные водотоки, вытекающие из вспомогательных штолен ТВМК. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Li – в 5 раз, Na и Rb – в 2,5 раза, Mg – в 3 раза, Si, Ca, K, Co, Cd и U – в 2 раза, Sb – в 40 раз, Sc – в 4,7 раза, Mo – в 307 раз, Cs – в 30 раз. Вода этого ручья загрязняет воду р. Баксан следующими элементами: Mo, Sb, Li, Cs.

Проба 21/08 взята в левом борту долины р. Баксан напротив старого хвостохранилища № 2 промышленных отходов ТВМК. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Sc – в 3 раза, Mo – в 8 раз. Из этих данных можно сделать вывод, что вода р. Баксан, в районе хвостохранилища № 2 загрязняется Mo и Sc.

Проба 22/08 взята в правом борту долины р. Баксан в 400 м ниже по ее течению за северным окончанием территории хвостохранилища № 2 промышленных отходов ТВМК. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: K и Mn – в 2 раза, Sc – в 3 раза, Cu – в 1,5 раза, Mo – в 7,5 раз. Из этих данных можно сделать вывод, что степень загрязнения Mo, Cu и Sc воды Баксана на отрезке вдоль всей территории хвостохранилища, и даже в 400 м ниже его окончания, сохраняется.

Проба 23/08 взята в левом борту долины р. Баксан в 80 м выше по течению от места впадения в нее мощного потока из деривационного тоннеля суперхранилища № 1. При ее сравнении с «ФПБ» установлены повышенные содержания: Li, Na, Mg, K – в 1,5 раза, Mn, Cu, Cs и Sb – в 2 раза, Sc – в 4 раза, Mo – в 11 раз. Следовательно, вода в р. Баксан перед суперхранилищем № 1 уже «обогащена» Cu, Sb, Sc, Mo.

Проба 24/08 воды, вытекающей из деривационного тоннеля в виде мощного потока, обогащена, по сравнению с «ФПБ», следующими элементами: Li, Na и Cu – в 3 раза, K, Sb и Co – в 2 раза, Mg – в 5 раз, Sc – в 4 раза, Mo – в 3,5 раза. Эти данные свидетельствуют о том, что вода из деривационного тоннеля загрязняет воду р. Баксан следующими элементами: Cu, Sb, Sc, Mo.

Проба воды 26/08 взята в левом борту долины р. Баксан напротив насыпной плотины суперхранилища № 1. По сравнению с «ФПБ» она обогащена следующими элементами: Sc – в 4 раза, Mn – в 3 раза; Cu – в 3 раза; Cs – в 2 раза, Mo – в 8 раз. Эти данные говорят о том, что вода в р. Баксан на этом отрезке содержит повышенные концентрации Cu, Sc, Mo.

Проба воды 27/08 взята в левом борту долины р. Баксан в 4 км ниже по ее течению, напротив садовых участков жителей г. Тырныауз. В ней, по сравнению с «ФПБ», установлены повы-

шенные содержания: K и Mn – в 1,5 раза, Sb – в 2 раза, Sc – в 3,5 раза, Mo – в 8 раз. Эти данные свидетельствуют о том, что вода в р. Баксан на этом отрезке содержит повышенные содержания Sb, Sc, Mo.

Проба воды 28/08 взята в левом борту долины р. Баксан перед пос. Жанхотеко, в 10 м выше моста через р. Баксан. В ней, по сравнению с «ФПБ», установлены повышенные концентрации: Li, Si и Cs – в 1,5 раза, Mg и Sc – в 5,5 раза, K и Rb – в 2 раза, Ca – в 5 раз, Mn – в 3 раза, Co – в 7 раз, Cu – в 4 раза, Sr – в 30 раз, Mo – в 10 раз.

Проба воды 29/08 взята из мощного водотока (левый приток р. Баксан) с прозрачной и холодной водой. Вытекает он из позднемерловых известняков. В ней, по сравнению с «ФПБ», установлены повышенные концентрации: Li – в 2,5 раза, Na, Si, K и Mn – в 2 раза, Mg – в 12 раз, Ca – в 16 раз, Sc – в 9 раз, Co – в 20 раз, Cu – в 5 раз, Mo – в 8 раз. Следовательно, вода р. Баксан в данном месте опробования незначительно загрязнена вышеперечисленными элементами.

Проба воды 56/08 взята в правом борту долины р. Баксан в 0,9 км выше по течению от объездной трассы города Баксан. В ней, по сравнению с «ФПБ», установлены повышенные концентрации: Na, Mg, Si и Ca – в 2 раза, K – в 4 раза, Sc – в 6 раз, Mn, Co и Rb – в 2,5 раза, Cu – в 4,5 раза, Sr – в 3 раза, Sb – в 2 раза, Mo – в 14 раз, Cd и U – в 1,5 раза, W – в 41,5 раза. Следовательно, перед выходом на предгорную равнину вода р. Баксан загрязнена (по сравнению с «ФПБ») вышеуказанными элементами.

Приведенные данные подтверждают высказанную выше точку зрения о существовании неких новообразованных подвижных минеральных форм или соединений As, Mo, Cd, Sb, W, которые легко растворяются в воде. Установлено, что боковые притоки и мелкие водотоки, протекающие через разные по составу рудопроявления, карьеры, отвалы «пустой» породы или вытекающие из подземных горных выработок ТВМК, обогащаются легкорастворимыми подвижными рудными элементами из новообразованных минеральных форм или соединений и при впадении в реку Баксан загрязняют ее воды.

Так, в воде ручья Малый Мукулан, протекающего по Мукуланскому карьеру, где добывались W-Mo руды с сопутствующими минералами As, Cd, Sb, Se и U, установлены резко повышенные концентрации W, As, Sb, Se и U с превышением ПДК по Mo ~ в 7 раз, по Cd ~ в 8 раз. В воде ручья Большой Мукулан, протекающего через Высотный и Мукуланский карьеры, где добывались W-Mo руды с сопутствующими минералами As, Cd, Sb, Se и U, установлены резко повышенные концентрации Sc, W, As, Sb, Se и U, с превыше-

нием ПДК по Mo ~ в 5 раз и по Cd ~ в 7 раз.

Важно отметить, что в воде р. Баксан при ее выходе на предгорную равнину установлены повышенные концентрации Sr, Mg, K, Sc, Mo, а по W превышение ПДК незначительно (в 1,3 раза).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вода защитных озер на поверхности суперрасселища № 1 загрязнена рядом элементов, руды которых перерабатывались на обогатительной фабрике ТВМК. Причем степень загрязнения воды в малом непроточном озере значительно выше, чем в проточном.

Процесс загрязнения воды защитных озер представляет определенную опасность для экологической обстановки в Приэльбрусье, так как вода из большого озера по деривационному тоннелю в объеме 55 000 м<sup>3</sup>/год [3] в течение 20 лет со значительным (в десятки раз) превышением норм ПДК по содержанию Mo, W, Li, Sr и других металлов постоянно сбрасывается в р. Баксан и загрязняет ее этими элементами. Водоток, вытекающий из деривационного тоннеля, по объему составляет ~1/6 часть дебита р. Баксан, а в его воде определены содержания (в мкг/л) следующих, в том числе и экологически опасных, элементов: Li – 3,13; Sc – 0,77; Co – 0,19; Cu – 0,41; Sr – 23,8; Mo – 2,6; Sb – 0,26; W – 1,66; U – 0,39. Приведенные данные свидетельствуют о существовании неких подвижных минеральных форм или соединений As, Mo, Cd, Sb, W, которые легко растворяются в воде.

Боковые притоки и мелкие водотоки, протекающие через разные по составу рудопроявления, карьеры, отвалы «пустой» породы или

вытекающие из подземных горных выработок ТВМК, обогащаются легкорастворимыми рудными элементами и при впадении в р. Баксан загрязняют ее воды в той или иной мере. Так, в воде ручья Малый Мукулан, стекающего по Мукуланскому карьеру, где добывались W-Mo руды с сопутствующими минералами, содержащими As, Cd, Sb, Se и U, установлены резко повышенные концентрации W, As, Sb, Se и U, а нормы ПДК по содержанию Mo превышены ~ в 7 раз, по Cd ~ в 8 раз. В воде ручья Большой Мукулан, протекающего через Высотный и Мукуланский карьеры, где добывались W-Mo руды с сопутствующими минералами As, Cd, Sb, Se и U, установлены резко повышенные концентрации Sc, W, As, Sb, Se и U, а нормы ПДК по содержанию Mo превышены ~ в 5 раз и по Cd ~ в 7 раз.

В воде р. Баксан, при ее выходе на предгорную равнину, установлены повышенные концентрации Sr, Mg, K, Sc, Mo, а по W превышение нормы ПДК незначительное (в 1,3 раза).

Таким образом, установлено загрязнение не только почв сельхозугодий и пастбищ пос. Былым, но и водотоков бассейна реки Баксан элементами-токсикантами, поступающими из захороненных промышленных отходов хвостохранилищ в водотоки, протекающие через карьеры и вытекающие из подземных горных выработок ТВМК. Полученные результаты служат основой для разработки мероприятий по снижению негативной нагрузки на экологическую обстановку в Приэльбрусье и на здоровье населения.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Госконтракта с Минобразования и науки РФ № П-14-10 от 03.09.2009 г. и гранта РФФИ № 11-05-00726, а значительный объем аналитических исследований выполнен в рамках поисковой темы ИГЕМ РАН № 1П.*

### ЛИТЕРАТУРА

- Бортников Н.С., Шаззо Ю.К., Гурбанов А.Г. и др.** Выявление микропримесей в водах защитных «озер» хвостохранилищ ТВМК, реки Баксан и ее притоков методом ИСП-МС // Аналитическая химия – новые методы и возможности / Съезд аналитиков России 26–30 апреля 2010 г. – М.: Издательский дом МИСиС, 2010. С. 50–51.
- Бортников Н.С., Шаззо Ю.К., Гурбанов А.Г. и др.** Элементный анализ состава техногенных отходов Тырныузского вольфрамово-молибденового комбината инструментальными методами // Аналитика России / Мат. III Всероссийской конф. с международным участием (к 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева). – Краснодар, 2008. С. 448.
- Вагин В.С., Голик В.И.** Проблемы использования природных ресурсов Южного Федерального округа. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005. 192 с.
- Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды и деятельности Управления природных ресурсов МПР и России по Кабардино-Балкарской Республике в 2002 году».** – Нальчик, 2002. 116 с.
- Гурбанов А.Г., Шаззо Ю.К., Докучаев А.Я. и др.** Минералого-геохимический мониторинг в районах хранилищ продуктов отходов обогатительных фабрик ГОКов для установления возможности их утилизации и оценки экологического воздействия на окружающую среду // Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений / VII Международная конференция. – Владикавказ, 14–16 сентября 2010 г. С. 56–62.
- 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.