

Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского комбината на почвенно-растительный слой Приэльбрусья

Н.С. Бортников¹, О.А. Богатилов², Б.С. Карамурзов³,
А.Г. Гурбанов⁴, В.М. Газеев⁵, А.Я. Докучаев⁶, А.Б. Лексин⁷
В.А. Сычкова⁸, Д.Б. Петренко⁹, А.В. Шевченко¹⁰, Ю.К. Шаззо¹¹, Л.Е. Цуканова¹²

ВВЕДЕНИЕ

На территории Северо-Кавказского федерального округа в Кабардино-Балкарской Республике более 50 лет работал Тырныаузский вольфрамово-молибденовый комбинат (ТВМК). В настоящее время работы по добыче и переработке руд остановлены полностью.

Добыча руды осуществлялась подземным и открытым (карьерным) способами, а ее обогащение производилось с помощью флотационных и химических процессов. Во время работы ТВМК огромные массы промышленных отходов сбрасывались в хранилища, два из которых были рекультивированы. В результате его деятельности в долинах рек Баксан и Гижгит (левый приток р. Баксан) были сформированы и частично захоронены значительные объемы (более сотни миллионов м³) отходов промышленного передела руд.

Кроме того, на протяжении 15 км от обогатительной фабрики в г. Тырныауз и до суперхранилища 1 в долине р. Баксан накапливались отходы обогащения, разлившиеся в результате аварий в линии пульпопровода.

Старое хвостохранилище 2 функционировало в период с 1959 по 1967 год, а новое суперхранилище 1 заложено в 1967 году и находится в состоянии мониторинга. В настоящее время на старом хвостохранилище мероприятия по реабилитации и контролю сохранности защитного почвенно-растительного слоя не проводятся с момента его закрытия и рекультивации, а на новом суперхранилище усилия направлены, главным образом, на поддержание устойчивого со-

стояния дамбы и ее дренажной системы.

Многие токсичные вещества и элементы с поверхности хвостохранилищ, в виде пылевых облаков, постоянно переносятся ветрами, дующими вдоль долин рек Баксан и Гижгит на несколько километров и отлагаются на прилегающих к ним пастбищах и сельхозугодьях, а тяжелые металлы часто накапливаются в нижних горизонтах хвостохранилищ.

В настоящее время силами КБГУ и ИГЕМ РАН начато изучение проблемы загрязнения окружающей среды в Кабардино-Балкарской Республике захороненными промышленными отходами обогатительной фабрики ТВМК [1, 2, 12]. В результате прецизионного комплексного минералого-геохимического исследования отобранных проб получена информация о степени воздействия элементов-токсикантов на окружающую среду, их содержаниях и распределении в почвенно-растительном слое.

Действующее сейчас суперхранилище 1 является крупным инженерным сооружением с высотой защитной (насыпной) плотины около 180 м и двумя защитными водоемами (проточным и не проточным). Берега хранилища представляют собой мертвую зону (рис. 1). В настоящее время эпизодически проводятся работы по поддержанию сохранности дамбы.

Наши визуальные наблюдения за состоянием дамбы и данные о неотектонике этого района свидетельствуют о наличии микронарушений в насыпной дамбе. Она представляет серьезную экологическую опасность, так как в случае про-

¹ Бортников Н.С. – академик РАН, директор ИГЕМ РАН.

² Богатилов О.А. – академик РАН, гл. н. с. ИГЕМ РАН,

³ Карамурзов Б.С. – д. ф.-м. н., профессор, ректор КБГУ.

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

⁵ Газеев В.М. – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН.

⁶ Докучаев А.Я. – к. г.-м. н., ст. н. с. ИГЕМ РАН.

⁷ Лексин А.Б. – вед. программист ИГЕМ РАН.

⁸ Сычкова В.А. – ст. лаборант ИГЕМ РАН.

⁹ Петренко Д.Б. – ст. лаборант ИГЕМ РАН.

¹⁰ Шевченко А.В. – к. пед. н., профессор, зав. кафедрой чрезвычайных ситуаций КБГУ.

¹¹ Шаззо Ю.К. – к. х. н., НПО «Энергия», Москва.

¹² Цуканова Л.Е. – н. с. НИИ физики ЮФУ, Ростов-на-Дону.



Рис. 1. Общий вид суперхранилища 1 в сторону долины р. Баксан

явления мелкофокусных землетрясений с глубиной эпицентров до 10 км и с $M = 6-7$ или при ходе крупного селевого потока она может быть повреждена, и огромный техногенный сель пойдет вниз по долине р. Баксан, разрушая все на своем пути. А это уже региональная экологическая катастрофа с соответствующими последствиями.

Рядом с суперхранилищем 1 промышленных отходов ТВМК проходит автомобильная дорога республиканского значения (г. Баксан – пос. Терскол в Приэльбрусье), а по долине реки Бак-

сан проходит высоковольтная линия электропередачи. Здесь же расположены пастбища для крупного и мелкого рогатого скота, сельхозугодья поселка Былым и дачные участки жителей г. Тырныауз. Тонкодисперсный материал из хвостохранилищ сильным ветром переносится на несколько километров, по данным визуальных наблюдений, в виде пылевых облаков на сельхозугодья и пастбища (рис. 2).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика опробования (выбор профилей и полигонов). В ходе исследований были проанализированы особенности рельефа в районах хвостохранилищ и прилегающих к ним пастбищ и сельхозугодий пос. Былым, протяженность и ширина надпойменных речных террас и геологическое строение района. С учетом полученной информации было проведено компьютерное моделирование и намечена сеть профилей как меридионального, так и широтного простирания, равномерно покрывающая поверхность хвостохранилищ промышленных отходов обогащательной фабрики ТВМК и прилегающие к ним сельхозугодья и пастбища. Был рассчитан оптимальный шаг отбора проб, составивший 25 м с расстоянием между профилями 50–75 м.

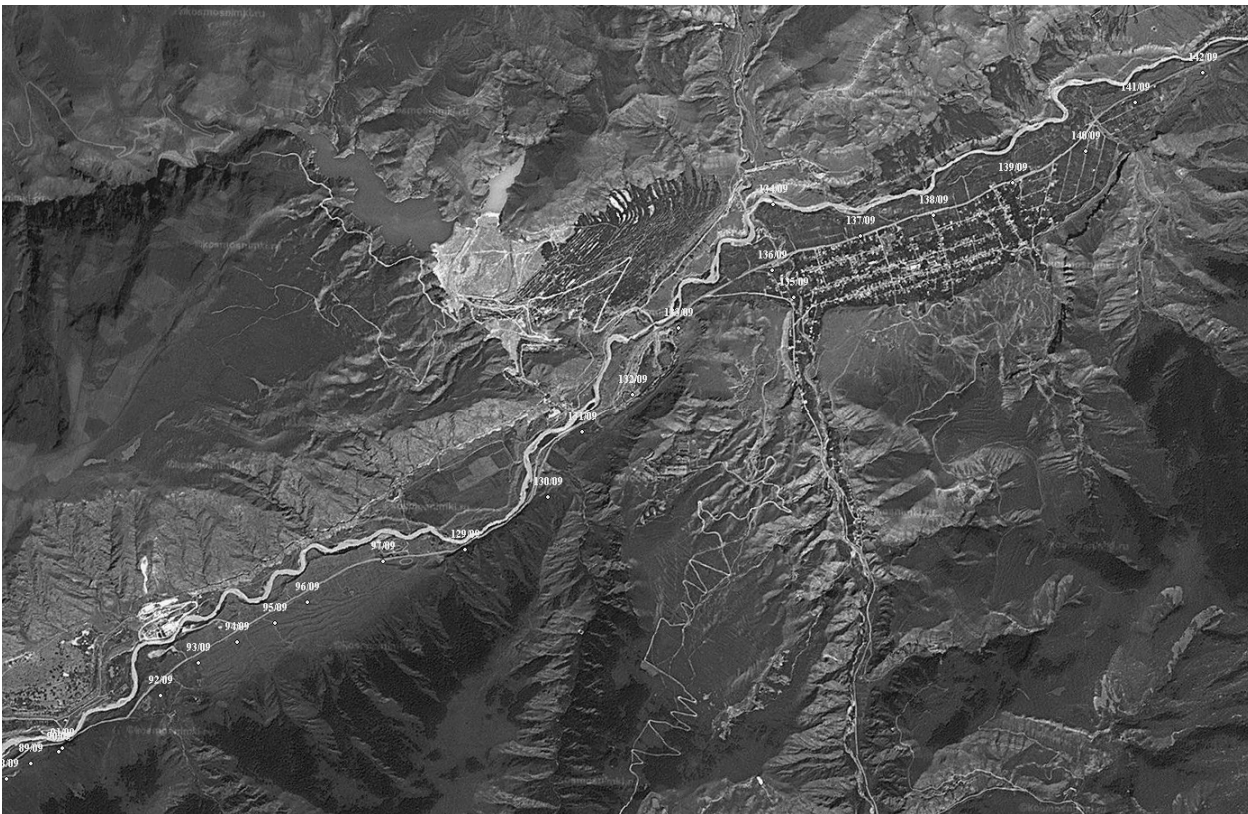


Рис. 2. Схема геохимического опробования почв и дернины в долине реки Баксан в районе пастбищ и сельхозугодий пос. Былым. Составлена на цифровой основе

Для всех проб, а также для начала и окончания каждой линии опробования, по выбранным профилям с помощью GPS-приемника фиксировались географические координаты и высотные отметки, которые были занесены в базу данных геоинформационной системы. Проводилась фотодокументация наиболее представительных разрезов.

При отборе проб использовались, в первую очередь, естественные промоины и «пропелшины» в слое рекультивации, карьеры на склонах хвостохранилищ и шурфы, пройденные нами в ходе полевых работ и ранее технологической службой ТВМК с целью контроля за работой обогатительной фабрики.

Из рекультивированного хранилища 2 промышленных отходов пробы отбирались по профилям, расположенным поперек хранилища от глубины 25–30 см (т. е. ниже слоя рекультивации) и до глубины 1,5 м (10 опорных проб).

При разработке методики опробования 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 нереккультивированного материала промышленных отходов, залегающего непосредственно на поверхности хвостохранилищ или в естественных промоинах, в искусственных шурфах и карьере.

В итоге были взяты пробы из всех разновидностей захороненного материала с учетом его крупности или гранулометрического состава («глины», «глинистые пески», «тонкозернистые, мелкозернистые, среднезернистые, крупнозернистые и грубозернистые пески»). Также отбирались пробы из почвенно-растительного слоя (пахотные земли, почва, дернина пастбищ).

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

Пробы, отобранные из захороненных промышленных отходов ТВМК, высушивались. Затем делалась отквартовка весом по 20 грамм

Таблица 1

Содержание ряда элементов в материале пульпа-хвосты

Элементы	Пульпа, проба Т-3, среднее содержание в г/т	Хвосты, проба Т-13, среднее содержание в г/т	Отношения средних Т-3 / Т-13
Главные			
W	650	350	1.9
Mo	500	200	2.5
Cu	80	50	1.6
Bi	20	20	1
P	400	800	0.5
Прочие			
Pb	25	25	1
Zn	100	100	1
Ti	3000	3500	0.9
Co	20	20	1
Ni	40	40	1
Cr	50	80	0.6
Be	9	9	1
Ba	300	300	1
La	25	50	0.5

из каждой пробы, достаточная для всех видов аналитических исследований. После этого все отквартованные части проб дробились и истирались до размера 100 меш.

Пробы, отобранные из почв и дернины с пастбищ и сельхозугодий, сначала высушивались при температуре 50° С и делались отквартовки материала. После этого отквартованные пробы дернины сжигались в муфельных печах до получения золы. Затем 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.

Аналитические исследования выполнялись в лабораториях ИГЕМ РАН: анализа минерального вещества, кристаллохимии минералов, в группе ядерно-физических исследований, а также в лабораториях Кабардино-Балкарского государственного университета (КБГУ). Анализ химического состава проб выполнен методом рентгено-флюоресцентной спектрометрии (РФА) на спектрометре последовательного действия PW-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 породоо-

бразующих 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 – 30 мин.

Проводился выборочный инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) ряда проб как из материала хвостохранилищ, так и из почв и дернины сельхозугодий. Содержания элементов определялись со следующим порогом чувствительности (г/т): К, Са, Fe, Sr, Rb, Zr, Ba, Sn – 100–1000; Cr, Zn, Br, Ga, Ge, Cd, Mo, Ag, Ce, Nd, Gd, W, Re – 10–100; Na, As, Cs, Sb, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U – 1–5; Co, Sc, Mn, La, Eu, Ir, Au – 0,1–0,5. Анализ проводился из навески пробы в 0,4 г, которая облучалась нейтронным потоком 2,1013 нейтрон/см²/с в течение 10 часов. При расфировке использовались ВМ, ВР и другие эталоны.

СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ТВМК

Сводные данные о содержании ряда элементов в материале пульпа-хвосты, полученные по результатам количественного спектрального анализа технологических проб ТВМК, приведены в *табл. 1*.

Данные по содержанию ряда химических элементов в захороненных промышленных отходах ТВМК, по данным РФА и ИНАА-анализов, приведены в *табл. 2*.

Из приведенных данных следует, что содержания Mo, Pb, Zn выше, а W и As – значительно выше в старом хвостохранилище 2. Это может быть объяснено изменениями технологии извлечения рудных компонентов на обогатительной фабрике ТВМК до и после 1967 года. С другой стороны, хвостохранилище 2 было опробовано на более значительную глубину (примерно до 25 м в естественных промоинах и карьере), по сравнению с суперохранилищем 1 (до 1,5 м в

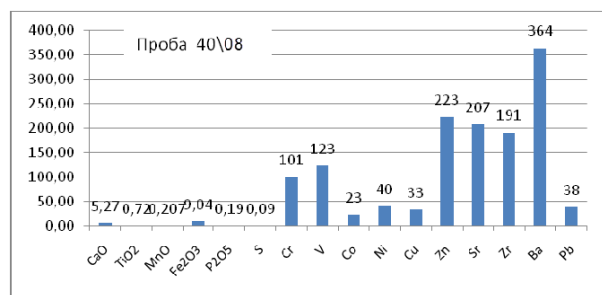
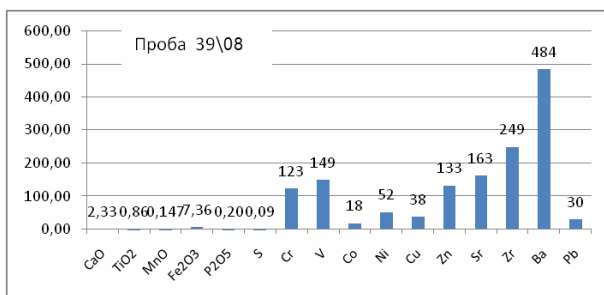
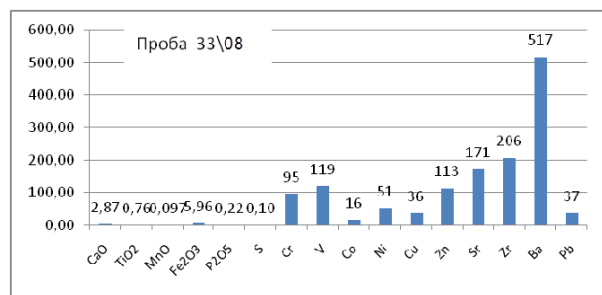
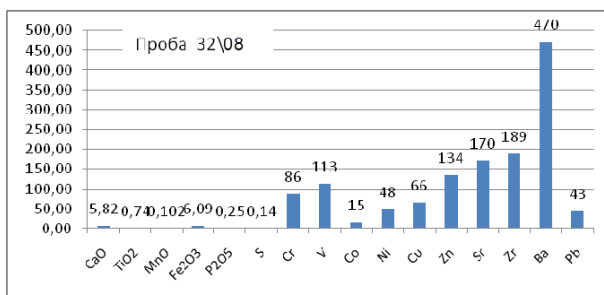
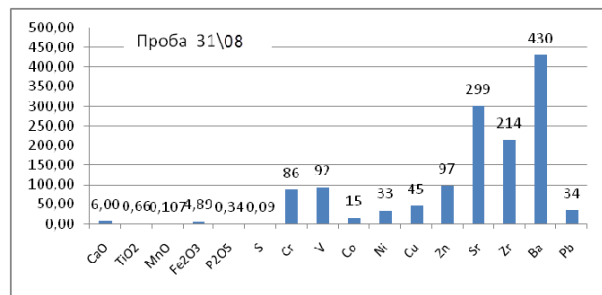
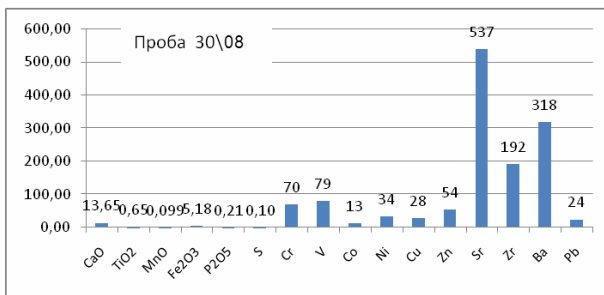


Рис. 3. Содержания (г/т) микроэлементов в почвах сельхозугодий (капустные поля), определенные методом рентгено-флуоресцентного анализа

Таблица 2

Средние содержания химических элементов (г/т) в хвостохранилищах ТВМК

Элемент	Хвостохранилища ТВМК в целом (количество проб 156)				Суперхранилище 1 (количество проб 92)				Хвостохранилище 2 (количество проб 36)			
	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение	Среднее	Минимум	Максимум	Стандартное отклонение
Cr	65	44	112	11	66	46	112	11	64	48	92	10
V	55	35	81	9	55	35	81	10	55	36	70	8
Co	11	5	20	3	11	6	20	3	10	6	16	2
Ni	28	21	42	3	28	21	42	4	27	22	32	3
Cu	37	14	203	23	40	14	203	28	29	14	58	11
Zn	241	167	397	42	230	169	306	32	273	167	361	46
Rb	51	7	149	21	52	17	149	23	55	31	103	18
Sr	191	102	283	35	180	102	263	30	230	189	283	24
Zr	86	56	116	10	87	63	107	9	84	64	116	13
Ba	153	40	346	53	159	54	324	53	164	101	346	52
Pb	22	7	88	13	19	7	69	11	31	11	88	16
As	73	23	264	41	58	23	179	29	111	54	264	42
Mo	111	53	411	65	109	53	411	72	115	65	221	43
W	375	102	1945	292	314	102	1349	231	511	185	1249	278

пройденных нами шурфах). В случае давно рекультивированного хвостохранилища 2 в нем могли произойти процессы перераспределения рудного вещества, с его концентрированием на более глубоких горизонтах.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПОЧВ И ДЕРНИНЫ ПАСТБИЩ И СЕЛЬХОЗУГОДИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ХВОСТОХРАНИЛИЩАМ ТВМК

Объекты промышленной разработки полезных ископаемых являются источниками значительного поступления и негативного влияния

минеральных тонкодисперсных (нано) частиц на окружающую среду [11]. Полученные данные о химических составах и геохимических особенностях прилегающих к хвостохранилищам ТВМК почв и дернины с пастбищ и сельхозугодий приведены на рис. 3–6. Изучено распределение в них содержаний как промышленно полезных (Zn, Pb, Sb, Mo, W, Au, Ag, редкие земли и др.), так и экологически вредных (S, P₂O₅, Zn, Pb, As, Sb, Cs, Sr, Rb, U, Th, Ва и др.) химических элементов.

При обработке результатов геохимического исследования почв и дернины с пастбищ и сельхозугодий, прилегающих к хвостохранилищам промышленных отходов ТВМК, учитывалось, что они могли заражаться рядом тяжелых и канцерогенных элементов не только за счет разноса

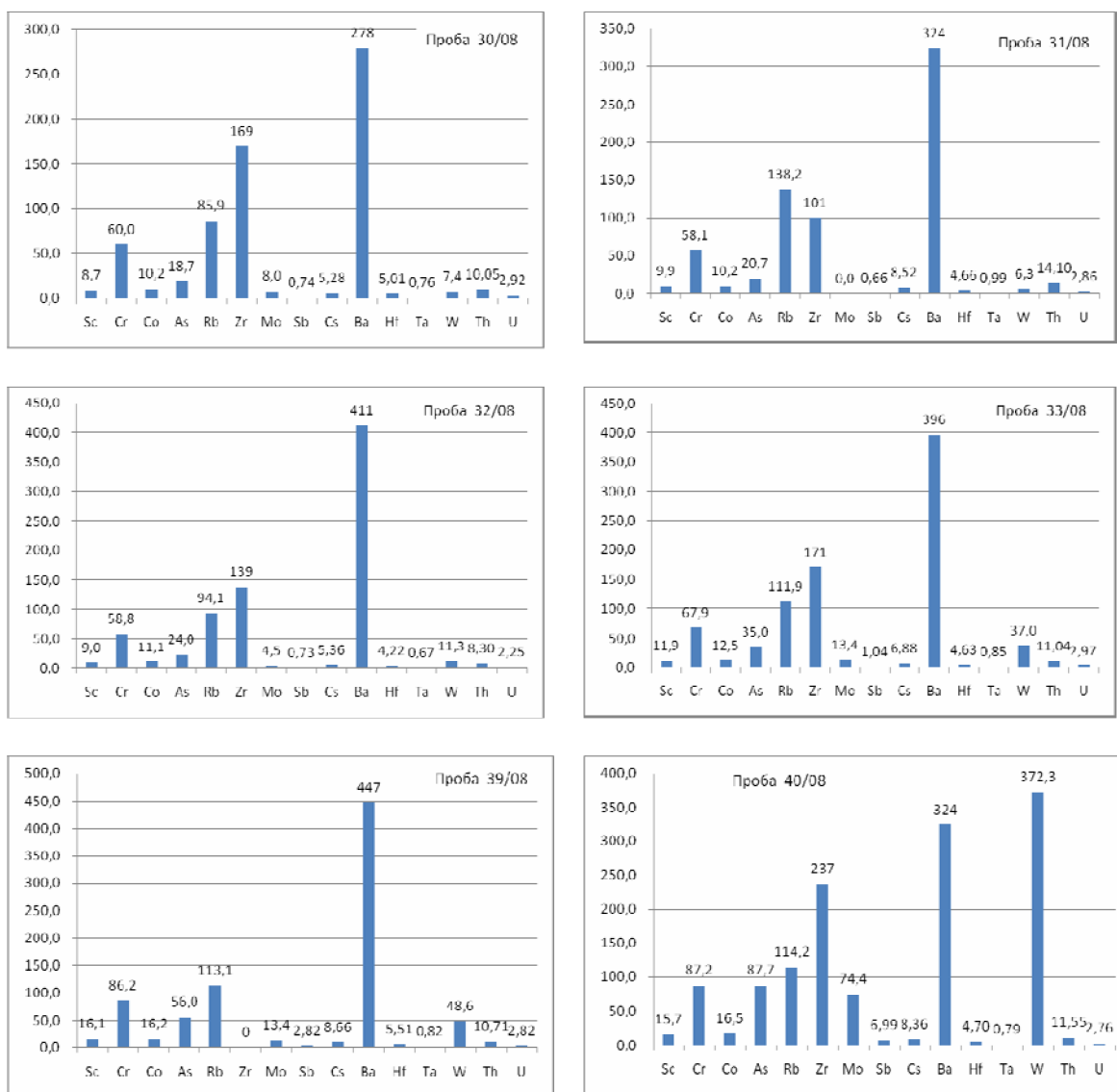


Рис. 4. Содержания (г/т) микроэлементов в почвах сельхозугодий (капустные поля), определенные методом инструментального нейтронно-активационного анализа

постоянными ветрами тонкодисперсных фракций захороненного материала с участков с нарушенным слоем рекультивации на поверхности хвостохранилищ, но и при минных массовых взрывах на Высотном и Мукуланском карьерах в период работы ТВМК. После таких взрывов в атмосферу на высоту до 1 км поднимались большие облака тонкой пыли с рудным веществом (W, Mo, Sb и др.), которая разносилась ветрами вверх и вниз по долинам р. Баксан и ее боковых притоков, в зависимости от скорости и направления движения воздушных масс в нижних слоях атмосферы на момент массовых взрывов.

В составе техногенной пыли тонкодисперсные частицы (аэрозоли) занимают относительно небольшую по объему долю, но являются ее наиболее активной и подвижной частью. Зона поражения сельхозугодий и пастбищ техногенными аэрозолями может измеряться сотнями

километров. Наибольшую экологическую опасность при этом представляют выбросы кварцевой пыли и пыли тяжелых металлов, в частности – переизмельченных сульфидных минералов. По существующим оценкам общая масса тонкодисперсных аэрозолей в горнодобывающей промышленности (для одного среднего по запасам месторождения) оценивается в 10 т/год, из которых не менее 10–12 % составляют ультрамелкие частицы [10].

При скорости ветра 5 м/сек начинается интенсивный разнос сухой пыли с поверхности, а при 8 м/сек этот процесс резко усиливается [10]. Интенсивность выдувания и разноса пыли зависит от конструкции отвалов и степени их защищенности рельефом местности и растительностью. Для Тырнаузского горно-обогатительного комбината, особенно для карьеров Мукуланский и Высотный, интенсивность пылевого потока

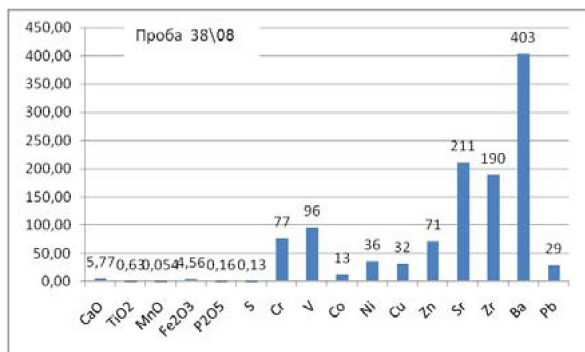
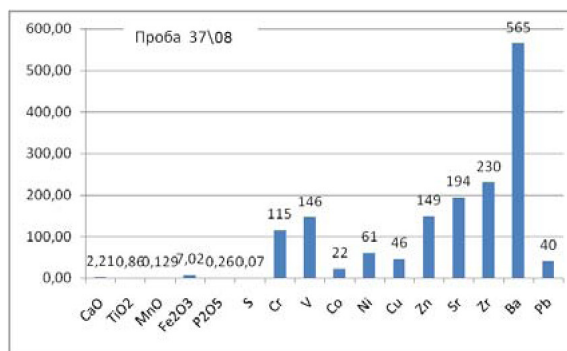
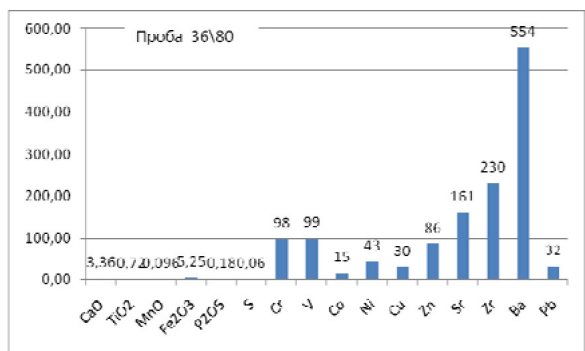
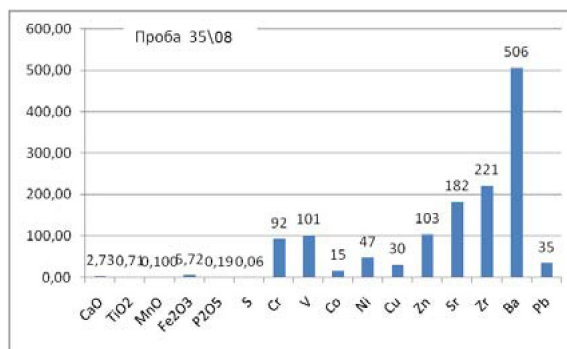
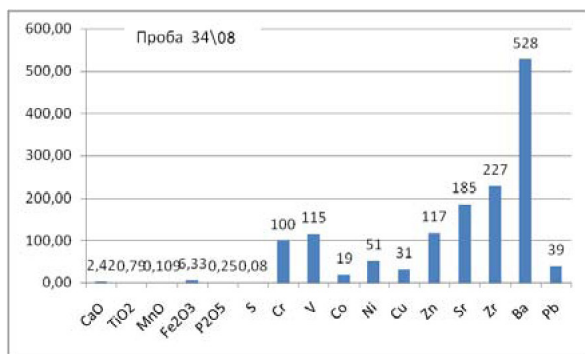


Рис. 5. Содержания (г/т) микроэлементов в почвах пастбищ, определенное методом рентгено-флуоресцентного анализа

должна быть весьма значительной в связи с тем, что на таких высотах (2 400–2 900 м), где расположены карьеры, характерны постоянные и довольно сильные ветры и отсутствует растительность. Значительное количество пыли продолжает поступать в биосферу также из отвалов с карьеров Мукуланский и Высотный в балки с водотоками – Большой и Малый Мукулан. При этом естественное зарастание лишенных растительного покрова пылящих поверхностей может продолжаться достаточно долго – для самопроизвольного восстановления растительного покрова требуются десятки лет [7, 9 и др.].

Техногенная пыль, поступающая в атмосферу, может быть не только пассивной, но и активной, образующей в почвах подвижные минеральные формы. Подавляющее большинство горных предприятий является источниками пассивной пыли, распространение которой происходит за счет переноса воздушными массами. Но при попадании такой пыли на почву, имеющую слабо и среднекислотную реакцию, может происходить выщелачивание из нее металлов с последующей их миграцией.

Для оценки степени возможного загрязнения почв и дернины пастбищ и сельхозугодий, примыкающих к хвостохранилищам промышленных

отходов ТВМК, была отобрана сравнительная проба 30/08 из точки, расположенной в 1 км южнее пос. Жанхотеко. В связи с тем, что эта современная почва образовалась в поле развития известняков, то в ней наблюдаются повышенные содержания CaO, Fe₂O₃ и Sr (в верхнеюрских меловых известняках известны целестиновые рудопоявления).

Места отбора проб: 30/08 – сравнительная («СП») в 1 км южнее пос. Жанхотеко и севернее Скалистого хребта; 31/08 и 32/08 – расположены к северу от Скалистого хребта, через который облака с рудной пылью, образовавшиеся после массовых взрывов на карьерах ТВМК, могли не перейти. Поэтому степень заражения рудными элементами почв и дернины здесь оказалась несколько меньше, чем к югу от хребта.

Проба 31/08 (почва с дерниной) отобрана в 1,5 км выше моста через р. Бол. Бедык на сенокосе. В ней, по сравнению с «СП», установлены повышенные содержания P₂O₅, Cu, Zn, Cs (в ~2 раза).

Проба 32/08 взята в 3 км выше по долине р. Баксан в ее левом борту перед Скалистым хребтом. В ней, по сравнению с «СП», установлены повышенные содержания S, V, Ni, Ba, W (в 1,5 раза), Pb (в ~2 раза); Cu, Zn (в 2,5 раза).

Проба 33/08 (черная плодородная почва)

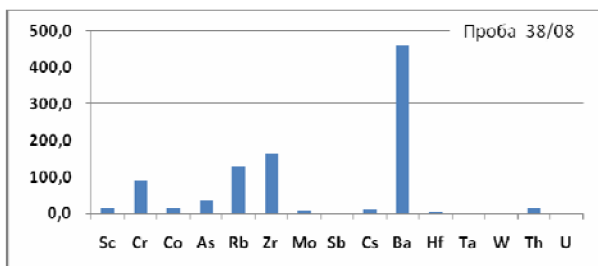
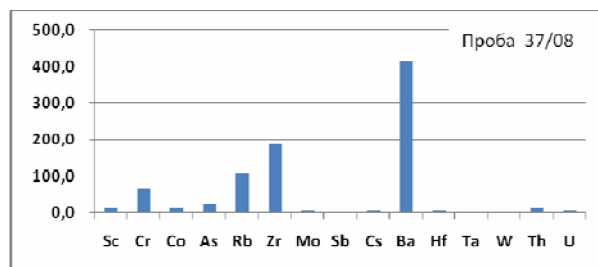
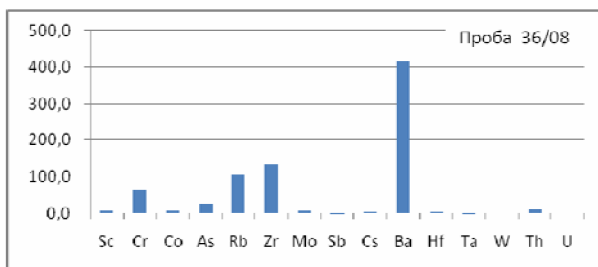
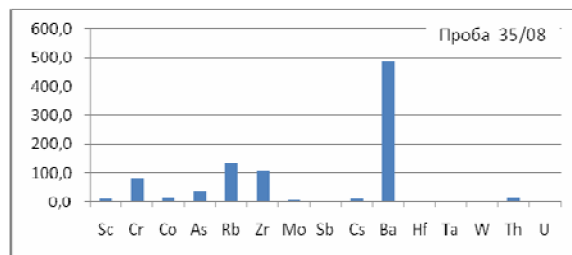
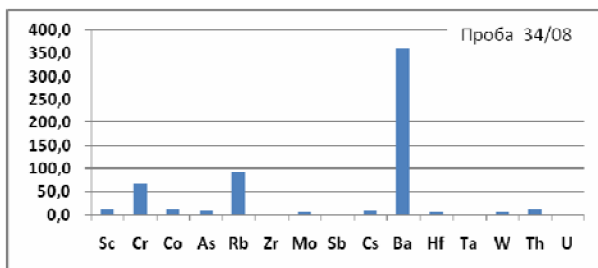


Рис. 6. Содержания (г/г) микроэлементов в почвах пастбищ, определенные методом инструментального нейтронно-активационного анализа

взята в 0,4 км севернее окраины пос. Бедык, на пастбище. В ней, по сравнению с «СП», установлены повышенные содержания Cr, V, Ni, Ba, Pb, Sc, Sb, As, Mo, Zn (в 2 раза); W (в 5 раз).

Проба 34/08 (почва черная) отобрана на капустном поле на северной окраине пос. Былым на третьей надпойменной террасе р. Баксан. Установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Cr, V, Co, Ni, Ba, Cs, Th, U, Pb, W (в ~1,5 раза); Zn (в 2 раза).

Проба 35/08 взята на капустном поле напротив центра пос. Былым на третьей надпойменной террасе р. Баксан в правом борту долины. Установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Cr, Co, Ni, Fe₂O₃, Sb, Pb, Ta, Th, U, Ba, Sc, Rb, Cs (в ~1,5 раза); Zn, As (в ~2 раза).

Проба 36/08 взята на капустном поле напротив центра пос. Былым на нижней (второй) надпойменной террасе р. Баксан в правом борту долины. Установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Cr, Ba и Zn (в ~1,5 раза).

Проба 37/08 отобрана на капустном поле на южной окраине пос. Былым в 180 м западнее автотрассы на третьей надпойменной террасе р. Баксан в правом борту долины. Установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Cr, V, Co, Ni, Cu, Ba, Pb (в ~2 раза); Zn, Se (в ~3 раза).

Проба 38/08 отобрана на капустном поле на южной окраине пос. Былым в 180 м западнее автотрассы напротив суперхранилища 1 промышленных отходов ТВМК на третьей надпойменной террасе р. Баксан, правый борт долины. В этой почве установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Cr, V, Co, Ni, Cu, Ba, Pb, Sc, Rb, Th, U, As, Sb, Na₂O (в ~2 раза); Zn (в ~3 раза); Fe₂O₃ (в 1,5 раза).

Проба 39/08 (почвы с небольшим количеством дернины) взята с пастбища на левом борту долины р. Баксан на четвертой надпойменной террасе напротив пос. Былым в 600 м восточнее насыпной дамбы суперхранилища 1 промышленных отходов ТВМК. В этой почве установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания MnO, Co, Ni, Cu, Ba, Pb, Rb, Cr, V, Sc, Cs, Mo (в ~2 раза); Fe₂O₃, Na₂O, As, Zn (в 2–2,5 раза); Sr (в ~3 раза); Sb (в ~4 раза); W (в ~7 раз).

Проба 40/08 (почвы с небольшим количеством дернины) взята с пастбища на левом борту долины р. Баксан на четвертой надпойменной террасе в 180 м северо-восточнее насыпной дамбы суперхранилища 1 промышленных отходов ТВМК. В этой почве установлены повышенные, по сравнению с «СП», содержания Na₂O, Fe₂O₃, Cu, Ba, Pb, Rb, Cr, V, Co, Pb, Sc, Cs (в 1,5–2 раза); MnO (в 2 раза); As (в 3 раза); Zn (в 4 раза); Sn (в

7 раз); Sb, Mo (в ~9,5 раз); W (в 50 раз).

По полученным данным, установлено загрязнение тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв с дерниной как на пастбищах, так и на сельхозугодьях пос. Былым, прилегающих к хвостохранилищам ТВМК. Причем наиболее сильно загрязнены почвы пастбищ, непосредственно примыкающих к этим хвостохранилищам (проба 40/08). Кроме того, судя по элементному составу руд ТВМК, наблюдается и реальный вклад разноса ветрами облаков тонкодисперсной пыли, образовывавшейся при массовых взрывах на Мукуланском и Высотном карьерах ТВМК и из мест с нарушенным слоем рекультивации на поверхности хвостохранилищ.

Для характеристики техногенного загрязнения почв на пастбищах и сельхозугодьях пос. Былым тяжелыми металлами использован коэффициент накопления, равный отношению содержания конкретного элемента в загрязненной почве к его фоновому содержанию. При загрязнении несколькими тяжелыми металлами степень загрязнения оценивается по величине суммарного показателя концентрации (Zc). Далее использовалась предложенная ИМГРЭ шкала загрязнения почвы тяжелыми металлами. Результаты техногенного загрязнения почв по этой методике приведены ниже.

Проба 30/08 является сравнительной. Для остальных проб величина (Zc) составляет: 6,9 (проба 31/08), 12,3 (проба 32/08), 17,9 (проба 33/08), 16,8 (проба 34/08), 23,7 (проба 35/08), 4,7 (проба 36/08), 18,2 (проба 37/08), 29,5 (проба 38/08), 41,3 (проба 39/08), 108,9 (проба 40/08).

При величине Zc < 16 категория почв относится к допустимой и не превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК). Это пробы почв 30/08, 31/08, 32/08 и 36/08, которые могут использоваться под производство любых культур.

При величине Zc от 16,1 до 32,0 категория почв относится к умеренно опасной, с превышением ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателе вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю. Это пробы почв 33/08, 34/08, 35/08, 37/08 и 38/08, которые могут использоваться под любые культуры при условии постоянного контроля качества продукции растениеводства.

При величине Zc в от 32,1 до 128,0 категория почв относится к высоко опасной, с превышением ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности. Это пробы почв 39/08 и 40/08), которые могут использоваться только под технические культуры без получения на них продуктов питания и кормов. Здесь рекомендуются

мероприятия по снижению уровня воздействия источников техногенного загрязнения почв.

Сравнение концентраций элементов, установленных в почвах на пастбищах и сельхозугодьях в районе пос. Былым, с существующими ПДК [6] выявило превышение ПДК по: P_2O_5 – в 7 раз, S – в 6 раз, Co – в 3 раза, Ni – в 8,5 раз, Cu и As – в 9 раз, Zn – в 2 раза (в пробе 30/08); P_2O_5 – в 11 раз, S – в 6 раз, Co – в 3 раза, Ni – в 8 раз, Cu – в 15 раз, Zn – в 4 раза, As – в 10 раз (в пробе 31/08); P_2O_5 – в 8 раз, S – в 9 раз, Co – в 3 раза, Ni и As – в 12 раз, Cu – в 33 раза, Zn – в 6 раз, Pb – в 2 раз (в пробе 32/08); P_2O_5 – в 7 раз, S – в 6 раз, Co – в 3 раза, Ni – в 13 раз, Cu – в 12 раз, Zn – в 5 раз, As – в 18 раз (в пробе 33/08); P_2O_5 – в 8 раз, S и Zn – в 5 раз, Co – в 4 раза, Ni – в 13 раз, Cu – в 10 раз, As – в 5,5 раза (в пробе 34/08); P_2O_5 – в 6 раз, S – в 4 раза, Co – в 3 раза, Ni – в 12 раз, Cu – в 10 раз, Zn – в 4,5 раза, As – в 18 раз (в пробе 35/08); P_2O_5 – в 6 раз, S и Zn – в 4 раза, Co – в 3 раза, Ni – в 11 раз, Cu – в 10 раз, As – в 12 раз (в пробе 36/08); P_2O_5 – в 9 раз, S и Co – в 4,5 раза, Ni и Cu – в 15 раз, Zn – в 6,5 раза, As – в 12 раз (в пробе 37/08); P_2O_5 – в 5 раз, S – в 8 раз; Co и Zn – в 3 раза, Ni – в 9 раз, Cu – в 11 раз, As – в 19 раз (в пробе 38/08); P_2O_5 – в 7 раз, S – в 6 раз, Co – в 4 раза, Ni и Cu – в 13 раз, Zn – в 6 раз, As – в 28 раз (в пробе 39/08); P_2O_5 – в 6 раз, S – в 6 раз, Co – в 5 раз, Ni и Zn – в 10 раз, Cu – в 11 раз, Sb – в 2 раза, As – в 44 раза (в пробе 40/08).

Анализ величин ПДК по ряду тяжелых и канцерогенных элементов в почвах с пастбищ и сельхозугодий пос. Былым показал достаточно высокую степень их техногенного загрязнения и позволил выявить участки с разной степенью загрязнения тяжелыми металлами, занесенными сюда ветрами как с хвостохранилищ, так и с карьеров ТВМК при массовых взрывах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Тырныаузское суперхранилище 1 является уникальным техногенным комплексным месторождением металлического и неметаллического сырья. Его емкость составляет около 120 млн m^3 , т. е. на долю промышленных отходов от переработки руд приходится ~ 80 млн m^3 , а 40 млн m^3 – на долю водных растворов. В целом по хвостохранилищам ТВМК средние содержания рудных элементов составляют (г/т): Mo – 111, W – 375, Pb – 22, Zn – 241, Cu – 37, Ni – 28, Co – 11, Cr – 65, V – 55, Sr – 141, Ba – 153, As – 73. Содержания как полезных (W, Mo, Zn, Pb – представляют экономическую ценность при их извлечении), так и экологически вредных (As, Zn, Pb, S, P и др.) элементов значительно превышают ПДК как в суперхранилище 1, так и особенно в хвостохранилище 2.

Дернина из слоя рекультивации хвостохранилища 2 характеризуется устойчивым превышением ПДК для цинка (максимально ~ в 2 раза), для мышьяка (максимально ~ в 10 раз), в единичных пробах для меди (максимально в 1,5 раза), для свинца (максимально в 7,3 раза).

Установлено загрязнение тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв с дерниной как на пастбищах, так и на сельхозугодьях пос. Былым, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам 1 и 2. С учетом элементного состава руд ТВМК, происходит загрязнение почв в связи с разносом ветрами тонкодисперсной пыли как с поверхности хвостохранилищ, так и образовывавшейся после промышленных взрывов на Мукуланском и Высотном карьерах за период работы комбината.

На пастбищах в районе поселка Былым ситуация в отношении элементов, которые могут быть привнесены из материала хвостохранилищ, является относительно удовлетворительной. В единичных пробах содержание молибдена, вольфрама и олова превышает норму ПДК до десяти раз, а для меди и цинка – в 2 раза. Эти пробы были отобраны на участках резкого перегиба рельефа, где мог накапливаться переносимый ветром материал из хвостохранилищ. В целом же поселок находится на расширении долины р. Баксан, где отсутствуют перегибы склонов и прочие «ловушки» для переносимого ветром материала из хвостохранилищ. Следует также учитывать, что определенная негативная нагрузка на почвы обуславливается и сильным загрязнением атмосферного воздуха, а соответственно, и почвенно-растительного слоя в Приэльбрусье свинцом и другими элементами из-за интенсивного движения в этом районе автотранспорта, часто использующего бензин и дизельное топливо низкого качества. Как известно, газопаровые выбросы автомобильного транспорта и автодорожного комплекса содержат загрязнители 3-го и 4-го классов опасности, а из веществ 1-го класса наибольшую опасность представляют соединения свинца [3, 4].

Следовательно, получены убедительные доказательства негативного воздействия на экологическую обстановку Приэльбрусья (загрязнение элементами-токсикантами почв сельхозугодий и пастбищ пос. Былым) захороненными промышленными отходами хвостохранилищ.

Следует учитывать, что хвостохранилища ТВМК расположены в селе- и сейсмоопасном районе. В случае возникновения природных катастрофических явлений (сход мощных селей или землетрясения с магнитудой около 7) может

разрушиться насыпная дамба суперхранилища 1 и вниз по долине р. Баксан пойдет разрушительный техногенный сель, с соответствующими катастрофическими последствиями.

Для снижения степени риска людских потерь, минимизации возможного материального ущерба от природных и техногенных процессов, снижения негативной нагрузки

на экологическую обстановку в Приэльбрусье и на здоровье населения стала очевидной необходимость полной утилизации промышленных отходов [5], находящихся в хвостохранилищах ТВМК, с предварительным извлечением из них экономически ценных металлов и элементов-токсикантов.

Авторы выражают благодарность А.И. Якушеву, А.Л. Керзину (ИГЕМ РАН) и аналитическому центру КБГУ за исследования, выполненные методами рентгенофлюоресцентного и инструментального нейтронно-активационного анализов.

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

- 1. 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.
- 2. Бортников Н.С., Шаззо Ю.К., Гурбанов А.Г. и др.** Элементный анализ состава техногенных отходов Тырныаузского вольфрамowo-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.
- 3. Вагин В.С., Голик В.И.** Проблемы использования природных ресурсов Южного федерального округа. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005. 192 с.
- 4. 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.
- 5. 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.
- 6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почвах и допустимые уровни их содержания по показателям вредности (по состоянию на 01.01.1991)** // Госкомприрода СССР, № 02-2333 от 10.12.1990 г.
- 7. Смирнова О.К., Сарапулова А.Е., Цыренова А.А.** Особенности нахождения тяжелых металлов в геотехногенных ландшафтах Джидинского вольфрамowo-молибденового комбината // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 4. С. 319–327.
- 8. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др.** – М.: Недра, 1990. 335 с.
- 9. Трубецкой К.Н., Галченко Ю.П., Грехнев Н.И., Крупская Л.Т., Ионкин К.В.** Основные направления решения экологических проблем минерально-сырьевого комплекса в Дальневосточном регионе // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2009. № 6. С. 483–489.
- 10. Чантурия В.А.** Прогрессивные технологии обогащения руд комплексных месторождений благородных металлов // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 321–328.
- 11. Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж.** Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М.: Изд. ИПКОН РАН, 2006. 216 с.
- 12. 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.

