

УТИЛИЗАЦИЯ ХРАНИЛИЩ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ ТЫРНЫАУЗСКОГО ВОЛЬФРАМОВО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА – ОДНО ИЗ НЕОБХОДИМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ (КАБАРДИНО-БАЛКАРСКАЯ РЕСПУБЛИКА)

Н.С. Бортников¹, О.А. Богатиков², Б.С. Карамурзов³,
А.Г. Гурбанов⁴, Ю.К. Шаззо⁵, В.М. Газеев⁶, А.Я. Докучаев⁷,
А.Б. Лексин⁸, А.В. Шевченко⁹, Л.Е. Цуканова¹⁰

Аннотация. В Северо-Кавказском федеральном округе расположены хранилища промышленных отходов обогатительных фабрик Тырныаузского (W, Mo, Sb, Bi), Садонского (Pb, Zn, Cd, Ag), Фиагдонского (Pb, Zn, Cd), Урупского (Cu, As, Pb, Zn) и Лермонтовского (U, V) горно-обогатительных комбинатов (ГОКов), которые из-за повышенных концентраций ряда токсичных элементов могут представлять угрозу для экологии прилегающих территорий. Кроме того, хранилища трех первых ГОКов расположены в селе- и сейсмоопасных районах, и в случае возникновения сильных сейс или землетрясений защитные дамбы хранилищ промышленных отходов могут быть разрушены и вниз по долинам рек Баксан, Ардон и Фиагдон пойдут разрушительные техногенные селевые потоки, которые загрязнят тяжелыми металлами и элементами-токсикантами огромные территории вдоль долин рек. А это уже региональная экологическая катастрофа. С другой стороны, захороненные промышленные отходы ГОКов могут иметь значительный практический интерес в случае обнаружения в них повышенных концентраций ряда рудных элементов (Mo, W, Pb, Zn, Cu, Ag, Bi, Sb и др.) и их значительных запасов. Исследования по этому направлению были начаты с комплексного изучения захороненного материала в хвостохранилищах Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината (ТВМК) [Бортников и др., 2008, 2010; Bortnikov et al., 2009].

В процессе отработки Тырныаузского месторождения отходы его деятельности были размещены в двух хвостохранилищах.

Суперхранилище № 1 является крупным инженерным сооружением с высотой защитной (насыпной) дамбы около 180 м. Его берега представляют собой «мертвую зону», лишённую растительности. В настоящее время работы по поддержанию сохранности дамбы практически не проводятся; при этом наши визуальные наблюдения за ее состоянием и данные по неотектонике района свидетельствуют о появившихся новых микронарушениях в полотне дамбы. Дамба представляет собой серьезную экологическую опасность, так как, в случае проявления мелкофокусных (с глубиной эпицентра до 10 км) землетрясений с магнитудой 6–7, она может быть разрушена, и техногенный сель пойдет вниз по долине р. Баксан, разрушая и загрязняя элементами-токсикантами все на своем пути. Не исключено и поступление в процессе инфильтрации токсичных веществ, растворенных в воде, в водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным аллювиальным отложениям (по данным бурения, их мощность в долине р. Баксан достигает 250 м), с последующим их накоплением в водоносном горизонте в глубоком предгорном прогибе при выходе реки на равнину в районе города Баксан, что может создать проблемы с питьевым и поливным водоснабжением.

С другой стороны, хвостохранилища ТВМК являются уникальным комплексным техногенным месторождением металлургического и неметаллургического сырья. Суммарные запасы металлов в хвостохранилищах, оцененные геологической службой ТВМК, составляют: вольфрама ~ 213 тыс. тонн, молибдена ~ 67 тыс. тонн, меди ~ 15 тыс. тонн, висмута ~ 5 тыс. тонн, золота ~ 7 тонн, серебра – первые десятки тонн.

Имеются также значительные запасы редких и других элементов, являющихся токсичными.

Запасы неметаллургического минерального сырья, которое, после извлечения из него элементов-токсикантов, может быть пригодно для производства строительных, керамических, абразивных и других материалов, исчисляются десятками млн тонн.

Материал хвостохранилищ уже раздроблен, и не требуется значительных дополнительных энергетических затрат на его измельчение для переработки как методами флотации, так и с привлечением новых технологий.

Обоснована необходимость утилизации захороненного материала и намечены технологические подходы проведения полной утилизации промышленных отходов ТВМК [Бортников и др., 2012]. Переработка захороненных в хвостохранилищах промышленных отходов ТВМК позволит не только получить необходимые России металлы, сырье для производства стройматериалов и абразивов, но и снизить риск возникновения техногенных катастроф. Последние могут быть связаны с возможным нарушением целостности насыпной дамбы после сильных землетрясений или со сходом мощных селевых потоков. Кроме того, будет решен ряд экологических и социальных проблем региона, связанных со здоровьем населения и созданием новых рабочих мест на фоне безработицы.

Ключевые слова: Тырныаузский вольфрамowo-молибденовый комбинат, Северо-Кавказский федеральный округ, утилизация хранилищ промышленных отходов, токсичные элементы, металлургические полезные ископаемые, экологическая опасность, социальные проблемы.

¹ Бортников Николай Стефанович – академик РАН, директор ИГЕМ РАН.

² Богатиков Олег Алексеевич – академик РАН, гл. н. с. ИГЕМ РАН.

³ Карамурзов Барасби Сулейманович – д. ф.-м. н., профессор, ректор КБГУ.

⁴ Гурбанов Анатолий Георгиевич – к. г.-м. н., в. н. с. ИГЕМ РАН.

⁵ Шаззо Юрий Кимович – к. х. н., НПО «Энергия». Москва.

⁶ Газеев Виктор Магалимович – к. г.-м. н., н. с. ИГЕМ РАН.

⁷ Докучаев Александр Яковлевич – к. г.-м. н., ст. н. с. ИГЕМ РАН.

⁸ Лексин Алексей Борисович – вед. программист ИГЕМ РАН.

⁹ Шевченко Александр Васильевич – к. пед. н., профессор, зав. кафедрой чрезвычайных ситуаций КБГУ.

¹⁰ Цуканова Лада Евгеньевна – н. с. НИИ физики ЮФУ, Ростов-на-Дону.

На территории Северо-Кавказского федерального округа несколько десятков лет работали Тырныаузский вольфрамово-молибденовый комбинат (ТВМК) – в Кабардино-Балкарской Республике, Урупский медный горно-обогатительный комбинат (ГОК) – в Карачаево-Черкесской Республике. В Республике Северная Осетия-Алания продолжает работать Садонский свинцово-цинковый комбинат, а Фиагдонский ГОК остановлен из-за нерентабельности обработки бедных полиметаллических руд. За время работы этих комбинатов накопилось огромное количество промышленных отходов их обогатительных фабрик, в виде захороненных и частично рекультивированных хвостохранилищ.

Токсичные вещества и элементы вместе с тонкодисперсным материалом, залегающим на поверхности хвостохранилищ, переносятся ветрами вдоль долин рек Баксан, Уруп и Ардон на прилегающие к ним пастбища и сельхозугодья, а тяжелые металлы и их минеральные формы накапливаются в нижних горизонтах хвостохранилищ и путем инфильтрации могут проникать в подземную гидросферу. В результате образуются обширные и контрастные гидрохимические поля разнообразных токсичных веществ в водоносных горизонтах, находящихся в аллювиальных четвертичных отложениях. Вода из них используется для питьевого водоснабжения и для полива садов, огородов в населенных пунктах. Кроме ветра, захороненный материал может сноситься в реки временными водотоками, возникающими после продолжительных ливней или интенсивного таяния снежного покрова, и загрязнять их воду.

До настоящего времени специальных исследований по оценке возможности утилизации хвостохранилищ, с привлечением разнообразных технологий, в Северо-Кавказском федеральном округе не проводилось. Мы решили рассмотреть эту проблему на примере хвостохранилищ ТВМК с двух сторон: положительные и отрицательные факторы.

Горно-обогатительные комбинаты, ведущие разработку рудных полезных ископаемых, особенно открытым «карьерным» способом, являются мощными источниками поступления тонкодисперсных минеральных частиц (наночастиц) в окружающую их среду. Вполне естественно, что это негативно влияет на экологическую обстановку прилегающих к ним территорий и на здоровье населения. Изучение территорий, где присутствуют принесенные по воздуху минеральные тонкодисперсные частицы (с определением их составов, количеств, характера распределения, возможности формирования новообразованных подвижных минеральных форм или соединений и геохимических характеристик почв на разном расстоянии

от источника загрязнения), имеет важное значение для устойчивого и безопасного развития региона. Такой подход является актуальным и для территорий, прилегающих к инфраструктуре ТВМК, где рудные тела обрабатывались как подземным, так и открытым (карьерным, с применением массовых взрывов) способами.

Известно и то, что как в России, так и в мире сокращаются запасы легкообогатимых руд [15, 17, 18]. Поэтому все большее значение приобретают захороненные промышленные отходы деятельности обогатительных фабрик ГОКов (вторичные месторождения), в которых полезные компоненты полностью или частично находятся в виде тонкодисперсных частиц, испытывавших за длительное время хранения преобразования под воздействием внешних и внутренних физических и химических факторов.

Обычно тонкодисперсные минеральные формы имеют высокую химическую и физическую упорность, что требует для их извлечения создания новых методов или технологий обогащения, основанных на данных о составе рудных минералов, свойствах их поверхностей и способах разрушения минеральных агрегатов с наноразмерными рудными включениями [1, 9, 21].

В процессе обработки Тырныаузского месторождения отходы его деятельности размещались в двух хвостохранилищах [5].

Старое хвостохранилище № 2 функционировало в период с 1959 по 1967 годы, а новое суперхранилище № 1 было заложено в 1967 году и сейчас находится в состоянии перманентного мониторинга по поддержанию целостности насыпной защитной плотины.

Характеристики хвостохранилищ, минералогические и геохимические данные о составе захороненных промышленных отходов ТВМК, содержании в них полезных и экологически опасных элементов и их влиянии на экологическую обстановку прилегающих территорий приведены в предыдущих публикациях [4–7].

В результате проведенных минералого-геохимических и визуальных геологических исследований выявлены как положительные, так и отрицательные факторы присутствия хвостохранилищ в данном регионе.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ, НЕГАТИВНО ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ

К их числу относятся:

1. Неотектоническая активность – привела к появлению в насыпной плотине суперхранилища № 1 микронарушений, по которым начала просачиваться вода из «защитных» озер. Микронарушения были выявлены в виде новообразован-

ных, пока мелких и нешироких ложбин, при визуальных наблюдениях за целостностью поверхности насыпной плотины в течение последних 5 лет. Это привело к тому, что в ее северо-восточной части появилось три новых, пока маловодных, ручейка, вытекающих из ее нижней части и впадающих в р. Баксан (рис. 1).

Следовательно, возник природный дренаж воды из суперхранилища № 1. Вода в этих ручейках характеризуется значительным превышением содержания ряда элементов, в том числе и токсичных, по сравнению с «фоновой» пробой («ФП») воды из р. Гижгит (взята в 300 м выше от места ее впадения в защитное проточное озеро суперхранилища № 1. Превышения составили: 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) [7].

2. Защитная плотина суперхранилища представляет серьезную экологическую опасность, так как в случае проявления мелкофокусной сейсмической активности (землетрясения с магнитудой 6–7 и глубиной эпицентров до 10 км) она может быть разрушена, и техногенный сель пойдет вниз по долине р. Баксан, разрушая все на своем пути и загрязняя элементами-токсикантами воды р. Баксан. Вполне реально поступление токсичных веществ, растворенных в воде, в четвертичные водоносные аллювиальные отложения в долине р. Баксан и без разрушения плотины, с их дальнейшим накоплением в водоносных горизонтах, являющихся водозабором для ряда населенных пунктов, в глубоком предгорном прогибе, расположенном при выходе реки на равнину в районе г. Баксан. Вода из этих горизонтов используется для питьевого водоснабжения и для полива сельскохозяйственных культур, садов и огородов.

3. Значительная степень техногенного загрязнения тяжелыми металлами и элементами-токсикантами почв пастбищ и сельскохозяйственных угодий в районе поселка Былым (пригород г. Тын-ырауза) и почв на поверхности хвостохранилищ. Об этом свидетельствует анализ норм ПДК [12] по содержанию ряда тяжелых металлов и элементов-токсикантов по показателям вредности.

Выявлены участки с разной степенью загрязнения тяжелыми металлами, занесенными сюда ветром, как с хвостохранилищ, так и с карьеров при массовых взрывах, производившихся в них в процессе работы ТВМК.



Рис. 1. Общий вид суперхранилища № 1. Проведение работ по поддержанию целостности дамбы после весеннего паводка 2005 года

Установлено, что степень загрязнения территорий, прилегающих к хвостохранилищам, обусловлена следующими факторами:

– силой и скоростью ветров, дующих утром и днем вверх по долине, а вечером и ночью – вниз по долине;

– размерностью нерекультивированного материала промышленных отходов, залегающего непосредственно на поверхности хвостохранилищ, а также в естественных промоинах, в шурфах и других самовольных выработках на хвостохранилище № 2 и в карьерах ТВМК;

– направлением и скоростью перемещения атмосферных воздушных масс при массовых взрывах в карьерах ТВМК.

4. Устойчивое превышение норм ПДК [12] в дернине из слоя рекультивации хвостохранилища № 2. Здесь установлены превышения ПДК для металлов: Zn – в 4–6 раз, максимально – в 10 раз; As – в 9–18 раз, максимально – в 44 раза; для Cu – в 9–15 раз, максимально – в 33 раза; Pb и Sb – в 2 раза, максимально – в 7 раз; P_2O_5 – в 5–8 раз, максимально – в 11 раз; S – в 4–6 раз, максимально – в 9 раз; Co – в 3–4 раза; Ni – в 8–13 раз, максимально – в 15 раз [6].

5. Установлено загрязнение тяжелыми металлами и элементами-токсикантами современных почв с дерниной как на пастбищах, так и на сельскохозяйственных угодьях пос. Былым, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам. С учетом элементного состава руд ТВМК, происходит загрязнение почв тонкодисперсными частицами в связи с разносом ветром пыли как с поверхности хвостохранилищ, так и образующейся при массо-



Рис. 2. Пробоотбор воды из ручейка, вытекающего из микронарушения в насыпной дамбе суперхранилища № 1

вых промышленных взрывах на Мукуланском и Высотном карьерах за период работы ТВМК. В последнем случае пыль с тонкодисперсными частичками ряда рудных минералов разносилась постоянно действующими в долине р. Баксан воздушными потоками на десятки километров.

6. Отмечены единичные пробы с «ураганным» содержанием молибдена, вольфрама, олова, меди, цинка и мышьяка с превышением норм ПДК в десятки раз. Эти пробы были отобраны в участках резких перегибов рельефа, где накапливался переносимый ветром из хвостохранилищ материал.

7. Вода защитных озер на поверхности суперхранилища № 1 загрязнена как элементами, входящими в состав перерабатываемых на обогатительной фабрике ТВМК руд, так и элементами химических реагентов, использовавшихся в процессе флотации. Установлена значительная степень загрязнения воды в малом, непроточном озере суперхранилища № 1. Проба воды из него «обогащена», по сравнению с «ФП» из р. Гижгит: К и 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 4 000 раз, U – в 2 раза. Проба воды из большого, частично проточного озера «обогащена», по сравнению с той же «ФП», ме-

нее значительно: Mn, Cu и Cd – в 3 раза, Mo и W – в 5 раз. Следовательно, в процессе хранения промышленных отходов в них под воздействием внешних и внутренних факторов образовались новые подвижные минеральные формы или соединения W, Mo, As, Sb, Cu, Li, Sr и U, легко растворимые в воде.

Процесс загрязнения воды в защитных озерах представляет собой значительную опасность для экологической обстановки в долине р. Баксан на протяжении не менее 60 км, начиная от пос. Былым (окрестности г. Тырныауз) и до г. Баксан на равнине. Это происходит потому, что вода из большого озера по деривационному тоннелю в объеме 55 000 м³/год [8] 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 (рис. 3). Причем это загрязнение имеет весьма значительные масштабы, так как этот водоток по объему составляет ~1/6 часть дебита р. Баксан.

Менее значительные боковые притоки и мелкие водотоки, протекающие через разные по составу рудопроявления, карьеры и отвалы «пустой» породы или вытекающие из подземных горных выработок ТВМК, обогащаются легкорастворимыми минеральными формами или соединениями рудных элементов и при впадении в р. Баксан также загрязняют ее воду в той или иной степени. Так, в воде ручья Малый Мукулан, стекающего с Мукуланского карьера, 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, выявлены 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 и W.

Следовательно, получены убедительные доказательства загрязнения вод р. Баксан элементами-токсикантами из захороненных в хвостохранилищах промышленных отходов и из водотоков, протекающих через карьеры и вытекающих из подземных горных выработок ТВМК.

8. Хвостохранилища расположены в сейсмо- и селеопасном районе [8], где и сейчас наблюдаются слабые тектонические подвижки. Следовательно, в случае возникновения природ-



Рис. 3. Водоток из деривационного тоннеля в левом борту долины в районе суперхранилища № 1, впадающий в р. Баксан

ных катастрофических событий (селевой поток, землетрясение с M 6–7) защитная плотина суперхранилища может быть разрушена, и вниз по долине р. Баксан пойдет техногенный сель с соответствующими последствиями (смотри пункт 2).

ФАКТОРЫ, ИМЕЮЩИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1. Хвостохранилища ТВМК являются уникальным комплексным техногенным месторождением металлического и неметаллического сырья. Геологической службой ТВМК в них приблизительно оценены суммарные запасы следующих металлов: вольфрама ~ 213 тыс. тонн, молибдена ~ 67 тыс. тонн, меди ~ 15 тыс. тонн, висмута ~ 5 тыс. тонн, золота ~ 7 тонн, серебра – первые десятки тонн. Имеются также значительные запасы и других элементов, часть из которых относится к элементам-токсикантам. Полученные нами более высокие, по сравнению с данными ТВМК, содержания ряда металлов в материале хвостохранилищ могут привести к тому, что приблизительно оцененные запасы бу-

дут увеличены. В этом случае их переработка частными компаниями станет рентабельной, но при условии разработки новой [9, 10] или адаптации имеющихся технологий к проблеме утилизации промышленных отходов [1, 2, 17–19, 21], с предварительным извлечением аномальных концентраций Mo, W, Zn, Pb, Sn, Sb, Bi, As, S, P, Au, Ag и других полезных и экологически вредных элементов и компонентов руд [13, 14]. Для получения экологически безопасной основной массы хвостов, пригодной в качестве сырья для изготовления различных строительных материалов, экологически опасные элементы должны быть обязательно извлечены и утилизированы. В частности, гранаты, концентрирующиеся в глинистых прослоях и пригодные для получения абразивных материалов, могут быть извлечены методом электромагнитной сепарации.

2. Для поиска наиболее эффективных подходов к разработке методов или технологий полной утилизации захороненных промышленных отходов ТВМК, с предварительным извлечением экономически важных и экологически вредных металлов (элементов), уже имеются необходимые для этих целей новые данные о их минеральном составе, включая информацию о новообразованных тонкодисперсных подвижных низкотемпературных минеральных формах вольфрама и молибдена, и геохимических особенностях гранулометрических разностей материала, находящегося в хвостохранилищах.

3. По полученным нами геохимическим данным, рассчитаны средние содержания (в г/т) ряда элементов как в гранулометрических разностях материала хвостохранилищ ТВМК в целом, так и по хвостохранилищам в отдельности [5, 16]:

– суперхранилище № 1, серые пески в целом (грубозернистые, крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые): Cr – 64, V – 52, Co – 11, Ni – 27, Cu – 32, Zn – 223, Rb – 47, Sr – 179, Zr – 86, Ba – 148, Pb – 16, As – 55, Mo – 93, W – 268;

– суперхранилище № 1, глинистая фракция: Cr – 67, V – 60, Co – 12, Ni – 30, Cu – 51, Zn – 237, Rb – 64, Sr – 192, Zr – 89, Ba – 183, Pb – 24, As – 64, Mo – 129, W – 365;

– суперхранилище № 1 в целом, все гранулометрические фракции: Cr – 66, V – 55, Co – 11, Ni – 28, Cu – 40, Zn – 230, Rb – 52, Sr – 180, Zr – 87, Ba – 159, Pb – 19, As – 58, Mo – 109, W – 314;

– хранилище № 2, серые пески в целом (грубозернистые, крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые): Cr – 59, V – 52, Co – 9, Ni – 26, Cu – 27, Zn – 281, Rb – 47, Sr – 217, Zr – 84, Ba – 150, Pb – 27, As – 97, Mo – 100, W – 355;

– хранилище № 2, глинистая фракция: Cr –

69, V – 57, Co – 10, Ni – 27, Cu – 30, Zn – 267, Rb – 62, Sr – 240, Zr – 84, Ba – 175, Pb – 34, As – 123, Mo – 128, W – 634;

– хранилище № 2, ожелезненные пески в целом (грубозернистые, крупнозернистые, среднезернистые и мелкозернистые): Cr – 76, V – 53, Co – 12, Ni – 29, Cu – 42, Zn – 254, Rb – 20, Sr – 130, Zr – 81, Ba – 106, Pb – 13, As – 49, Mo – 100, W – 400;

– хранилище № 2 в целом, все фракции: Cr – 64, V – 55, Co – 10, Ni – 27, Cu – 29, Zn – 273, Rb – 55, Sr – 230, Zr – 84, Ba – 164, Pb – 31, As – 111, Mo – 115, W – 511;

– хранилища №№ 1 и 2 в целом, серые пески: Cr – 63, V – 52, Co – 10.5, Ni – 27, Cu – 31, Zn – 237, Rb – 47, Sr – 188.5, Zr – 86, Ba – 148, Pb – 19, As – 65, Mo – 95, W – 290;

– хранилища №№ 1 и 2 в целом, ожелезненные пески: Cr – 76, V – 53, Co – 12, Ni – 29, Cu – 42, Zn – 254, Rb – 20, Sr – 130, Zr – 81, Ba – 106, Pb – 13, As – 49, Mo – 100, W – 400;

– хранилища №№ 1 и 2 в целом, глинистая фракция: Cr – 67, V – 59, Co – 11, Ni – 29, Cu – 43, Zn – 248, Rb – 63, Sr – 210, Zr – 87, Ba – 180, Pb – 27, As – 86, Mo – 129, W – 465;

– хранилища №№ 1 и 2 в целом, все гранулометрические фракции: Cr – 65, V – 55, Co – 11, Ni – 28, Cu – 37, Zn – 241, Rb – 51, Sr – 191, Zr – 86, Ba – 153, Pb – 22, As – 73, Mo – 111, W – 375.

Из приведенных данных видно, что в старом хвостохранилище № 2 средние содержания (в г/т) Mo, Pb, Zn, W и As (115, 31, 273, 511 и 111 соответственно) выше, чем в суперхранилище № 1 (109, 19, 230, 314 и 58 соответственно).

Приведенные выше данные по содержаниям рудных элементов, в том числе и по экологически опасным, в материале различного гранулометрического состава являются необходимой основой для разработки эффективной поэтапной методики переработки захороненных промышленных отходов ТВМК с целью их полной утилизации, но с предварительным извлечением экономически важных и экологически опасных элементов.

4. Запасы минерального сырья в хвостохранилищах, исчисляющиеся миллионами тонн, после извлечения из них тяжелых металлов и элементов-токсикантов, будут пригодны для производства различных строительных (силикатный кирпич, бетонные блоки, железобетонные панели), абразивных (гранат), керамических (полевые шпаты) материалов и для стекольной промышленности (кварц).

5. В качестве основного метода утилизации материала хвостохранилищ предлагается адаптация термогидрометаллургической техноло-

гии, ранее использовавшейся для переработки упорных золотых, колчеданных и полиметаллических руд и пиритных огарков [9, 10]. В настоящее время разработана принципиальная конструкция уникального модуля, включающая вращающуюся печь для низкотемпературного обжига (до 550° С) материала хвостохранилищ в смеси с реагентом и установки для выщелачивания полученного слёка слабокислотным раствором (5–10 % HCl). Для изготовления модуля имеется стандартная аппаратура. В качестве конечного результата модуль может производить экологически безопасную твердую фазу и рабочий раствор с различным содержанием экономически полезных и экологически вредных компонентов, который в зависимости от концентраций элементов может повторно использоваться для выщелачивания новых порций слёка. После достижения оптимальной концентрации различных компонентов (элементов) из рабочего раствора последовательно извлекаются отдельные полезные элементы, в основном сорбционными методами на различных анионитах. Остаточный раствор нейтрализуется с помощью природных карбонатов с выделением экологически опасных элементов в твердую фазу. Важным фактором здесь является отсутствие затрат на добычу и первичную переработку сырья: материал в хранилищах уже раздроблен и не требуется дополнительных энергетических затрат на его измельчение.

Исследования химических связей рудных элементов, определение локальной атомной структуры их ближнего окружения в упорядоченных и неупорядоченных системах, качественный и количественный элементный анализ тонких поверхностных слоев (от 5 Å), могут быть проведены в НИИ Физики ЮФУ (г. Ростов-на-Дону), где имеется вся необходимая аналитическая аппаратура и высококвалифицированные специалисты. Эти данные необходимы для разработки технологии полной утилизации захороненных промышленных отходов ТВМК.

6. Утилизация захороненных промышленных отходов ТВМК позволит не только получить необходимые России металлы, стройматериалы и абразивное сырье, но и снизит негативную нагрузку на экологическую обстановку Приэльбрусья и уменьшит степень риска возникновения техногенных катастроф, связанных с возможным прорывом насыпной плотины суперхранилища № 1. Кроме того, будет решен ряд экономических и социальных проблем региона, связанных со здоровьем населения и созданием новых рабочих мест на фоне безработицы в регионе, что полностью

согласуется с решениями Правительства РФ по этому региону [11].

7. В районе хвостохранилищ имеются ровные площадки, пригодные для строительства перерабатывающего предприятия; рядом проходит линия ЛЭП и автомобильная трасса республиканского значения, а в г. Тырныауз сейчас много безработных горняков и обогатителей, т. е. имеется готовая инфраструктура для промышленной переработки и полной утилизации захороненных промышленных отходов ТВМК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доказано, что хвостохранилища №№ 1 и 2 ТВМК являются уникальным комплексным техногенным (вторичным) месторождением металлического и неметаллического сырья. Полученные новые данные о более высоких, по сравнению с имеющимися в ТВМК, содержаниях ряда металлов в материале хвостохранилищ указывают на то, что приблизительно оцененные геологической службой ТВМК запасы могут быть увеличены. В этом случае, при условии разработки новой или адаптации имеющихся технологий утилизации промышленных отходов, с предварительным извлечением аномальных концентраций Mo, W, Zn, Pb, Sn, Sb, Bi, As, S, P, Au, Ag и других элементов, переработка материала хвостохранилищ частными компаниями станет рентабельной. В итоге будут извлечены ценные и токсичные металлы и получена экологически безопасная основная масса хвостов, которую можно использовать как сырье для изготовления различных экологически чистых видов строительных материалов.

2. Доказано негативное воздействие захороненных в хвостохранилищах промышленных отходов обогатительной фабрики ТВМК на экологическую обстановку в Приэльбрусье. Оно выражается в загрязнении тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв с дерниной на пастбищах и сельхозугодьях пос. Былым, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам ТВМК. Установлено, что загрязнение почв происходит в связи с разносом ветрами тонкодисперсной пыли как с поверхности хвостохранилищ, так и образывавшейся после промышленных взрывов в Мукуланском и Высотном

карьерях в период работы ТВМК. В ряде проб содержание молибдена, вольфрама и олова превышает норму ПДК в десятки раз, а меди и цинка – в 2 раза. Помимо этого, определенная негативная нагрузка на почвы обуславливается и сильным загрязнением атмосферного воздуха и почвенно-растительного слоя в Приэльбрусье свинцом и другими элементами из-за интенсивного движения в этом районе автотранспорта.

3. Получены убедительные доказательства загрязнения вод р. Баксан элементами-токсикантами, выносящимися через дренажный тоннель суперхранилища № 1, а также водотоками, вытекающими из карьеров и подземных горных выработок ТВМК.

4. Анализ результатов неотектонических и минералого-геохимических исследований убедительно доказывает необходимость полной утилизации захороненных в хвостохранилищах промышленных отходов обогатительной фабрики ТВМК.

5. Результаты проведенных минералогических и геохимических исследований могут быть использованы при поиске и выборе наиболее эффективных подходов при разработке методов и технологий полной утилизации захороненных промышленных отходов ТВМК, с предварительным извлечением экономически важных и экологически вредных металлов.

6. В качестве основного метода утилизации материала хвостохранилищ предлагается адаптация термогидрометаллургической технологии, ранее использовавшейся для переработки упорных золотых, колчеданных, полиметаллических руд и пиритных огарков [9, 10].

7. Утилизация захороненных промышленных отходов ТВМК позволит не только получить необходимые России металлы, стройматериалы и абразивное сырье, но и снизит негативную нагрузку на экологическую обстановку Приэльбрусья и уменьшит степень риска возникновения техногенных катастроф, связанных с возможным прорывом насыпной дамбы суперхранилища № 1. 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 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.

Авторы выражают благодарность д. г.-м. н. С.Ф. Винокурову (ИГЕМ РАН) за консультацию по выбору методики утилизации промышленных отходов ТВМК, А.И. Якушеву и А.Л. Керзину – за проведенные аналитические исследования методами РФА и ИНАА (ИГЕМ РАН), аналитическому центру КБГУ – за аналитические данные.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абрамов В.И.** Физические методы исследования поверхности твердых тел. – М.: Наука, 1983. 291 с.
2. **Абрамов А.А.** Флотационные процессы обогащения. – М.: Недра, 1984. 383 с.
3. **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.
4. **Бортников Н.С., Шаззо Ю.К., Гурбанов А.Г.** и др. Элементный анализ состава техногенных отходов Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината инструментарными методами // Аналитика России / Мат. III Всероссийской конф. с международным участием (к 175-летию со дня рождения Д.И. Менделеева). – Краснодар, 2008. С. 448.
5. **Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Шаззо Ю.К., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Цуканова Л.Е., Шевченко А.В.** Минеральный состав и геохимические особенности захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината (Кабардино-Балкарская Республика) // Вестник ВНЦ РАН и Правительства РСО-А. Т. 13, № 1. С. 41–43.
6. **Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Шаззо Ю.К., Цуканова Л.Е., Сычкова В.А., Шевченко А.В.** Результаты исследований воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината на почвенно-растительный слой прилегающих территорий (Кабардино-Балкарская Республика) // Вестник ВНЦ РАН и Правительства РСО-А. Т. 13, № 2. С. 35–45.
7. **Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Шаззо Ю.К., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Цуканова Л.Е., Петренко Д.Б., Шевченко А.В.** Результаты исследований воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамowo-молибденового комбината на воду р. Баксан и ее притоков (Кабардино-Балкарская Республика, Россия) // Вестник ВНЦ РАН и Правительства РСО-А. Т. 13, № 3. С. 22–30.
8. **Вагин В.С., Голук В.И.** Проблемы использования природных ресурсов Южного Федерального округа. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005. 192 с.
9. **Винокуров С.Ф., Хитров В.Г.** Способ переработки упорных руд благородных металлов // Патент на изобретение. – М.: 1998. Бюлл. № 17.
10. **Винокуров С.Ф.** Термогидрометаллургический способ комплексной переработки медного концентрата с извлечением цветных и благородных металлов // Патент на изобретение. – М.: 2005. Бюлл. № 18.
11. **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.
12. **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.
13. **Рехарский В.И., Гурбанов А.Г., Диков Ю.П.** и др. Низкотемпературный шеллит // Известия АН СССР / Сер. геол. 1988. № 10. С. 151–155.
14. **Рехарский В.И., Гурбанов А.Г., Диков Ю.П.** и др. О формах нахождения вольфрама в позднепалеозойских гранитах Кавказа // Известия АН СССР / Сер. геол. 1987. № 7. С. 127–129.
15. **Смирнова О.К., Сарапулова А.Е., Цыренова А.А.** Особенности нахождения тяжелых металлов в техногенных ландшафтах Джидинского вольфрамowo-молибденового комбината // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. № 4. С. 319–327.
16. **Справочник по геохимическому поискам полезных ископаемых / А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др.** – М.: Недра, 1990. 335 с.
17. **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.
18. **Чантурия В.А.** Прогрессивные технологии обогащения руд комплексных месторождений благородных металлов // Геология рудных месторождений. 2003. Т. 45. № 4. С. 321–328.
19. **Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж.** Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М., 2006. 216 с.
20. **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.
21. **Nefedov V.I., Salyn Ya.V., Solozhenkin, A.Yu. Pulatov P.M.** X-ray photoelectron study of surface components formed during flotation of minerals // Surf. Interface Ansl., 1980. V. 2. № 5. P. 170–172.

THE INDUSTRIAL WASTE REPOSITORY UTILIZATION OF THE CONCENTRATING FACTORY OF THE TYRNYAUZ TUNGSTEN-MOLYBDENUM MINING COMPLEX – ONE OF THE NECESSARY MEASURE FOR DECISION OF ECOLOGICAL PROBLEMS AT THE PRIELBRUSJE (KABARDINO-BALKAR REPUBLIC)

Bortnikov N.S.*, Bogatikov O.A.*, Karamurзов B.S.***, Gurbanov A.G.*,
Shazzo Yu.K.*, Gazeev V.M.*, Dokuchaev A.Ya.*,
Lexin A.B.*, Shevchenko A.V.***, Tsukanova L.E.***

* The Organization of Russian Academy of Sciences The Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry, Russian Academy of Sciences (IGEM RAS)(gurbanov@igem.ru).

** Kabardino-Balkar State University (KBSU) (kedr@kbsu.ru).

*** SII Physics of The South Federal University (lada@sfned.ru).

Abstract. *The repositories of the industrial waste of the concentrating factories of the Tyrnyauz (W, Mo, Sb, Bi), the Sadon (Pb, Zn, Cd, Ag), the Fiagdon (Pb, Zn, Cd), the Urup (Cu, As, Pb, Zn) and the Lermontov (U, B) mining and processing plants are located in the North-Caucasian Federal District. The repositories may become a real threat to the ecology of their adjacent areas because of the increased amounts of the number of toxic elements. In addition, the repositories of the first three processing plants are located in the mud torrent and earthquake-prone areas and in case of occurrence of large mud flows or earthquakes the protective dams of industrial waste repositories may be destroyed and the devastating technogenic mud will flow down to the valleys of the Baksan, Ardon and Fiagdon rivers. The huge territories along the valleys of the rivers will be polluted with heavy metals and toxic elements. Such would be a huge environmental disaster for the region.*

On the other hand, buried industrial waste from the concentrating factories may be of considerable practical interest in the case of detection there the increased concentrations of a number of ore elements (Mo, W, Pb, Zn, Cu, Ag, Bi, Sb, etc.) and their significant reserves. Researches in this direction were started with the complex study of the buried material in tailing dumps of the Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TTMMC) [Бортников и др., 2008, 2010; Bortnikov et al., 2009].

During the working off process of the Tyrnyauz field, its industrial waste was placed at two tailing dumps.

The super repository No 1 is a large engineering construction with a protection bulk dam height of about 180 m. Its shores are a «dead zone» without vegetation. The work on maintaining the safety of dam is practically not carried out nowadays. In addition, our observations of its condition and neotectonics data of the area showed the emergence of new micro violations of the canvas of the dam. It becomes a serious environmental danger, as in the case of large shallow-focus earthquakes with the depth of the epicenter of up to 10 km and magnitudes of 6 to 7, the dam can be destroyed and technogenic mud will flow down the valley of the Baksan river, destroying and polluting with toxic elements everything in its path. The additions to the process of infiltration of toxic substances dissolved in the water in the aquifers dated to quaternary alluvial sediments (capacity in the Baksan river valley reaches 250 m according to the drilling data) and their subsequent accumulation in the water-bearing horizon of the deep foothill deflection at the outlet of the river on the plains near the city of Baksan is not excluded. The latter could make problems with drinking and irrigation water supply.

On the other hand, the TTMMC tailing dumps are the unique human-induced fields of metallic and nonmetallic raw materials. The total reserves of metals in tailing dumps estimated by the geological service of the TTMMC are: tungsten - near 213 thousand tonnes, molybdenum - near 67 thousand tonnes, copper - approximately 15 thousands tonnes, bismuth - about 5 thousand tonnes, gold - approximately 7 tonnes, silver - first dozens tonnes.

There are also considerable reserves of rare and other toxic elements.

Reserves of non-metallic mineral raw materials after extraction of toxic elements would be suitable for manufacturing of building, ceramic, abrasive and other materials, and are estimated as dozens of millions tonnes.

The tailing dumps material is already shattered. Additional power expenses involving the flotation methods or the newest technology on its crushing for processing are not required.

The necessity of the buried material utilization was proved and the technological approaches of the TTMMC industrial waste complete recycling were laid down [Бортников и др., 2012]. The processing of the TTMMC buried industrial waste would allow not only facilitate acquisition for the national economy of necessary metals and raw materials for producing building materials, abrasives, but it would also reduce the risk of man-caused catastrophes. The latter may be related to the possible violations of the integrity of the bulk dam after strong earthquakes or the most powerful mudstone streams descent. In addition, a significant number of regional environmental and social problems could be solved, such as improving the health of inhabitants and creating new workplaces so as to positively impact regional unemployment.

Keywords: *Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex, the North-Caucasian Federal District, the industrial waste repository utilization, toxic elements, ore minerals, environmental hazards, social problems.*

