

## УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ТЫРНЫАУЗСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА (Кабардино-Балкарская Республика, Северный Кавказ, РФ):

экологические и технологико-экономические аспекты  
их комплексной переработки в свете новых данных

А.Г. Гурбанов<sup>1</sup>, О.А. Богатиков<sup>2</sup>, С.Ф. Винокуров<sup>3</sup>, Б.С. Карамурзов<sup>5</sup>, В.М. Газеев<sup>5</sup>, А.Б. Лексин<sup>7</sup>, А.Я. Докучаев<sup>6</sup>, А.В. Шевченко<sup>8</sup>, С.М. Долов<sup>9</sup>, З.И. Дударов<sup>10</sup>, Л.Е. Цуканова<sup>11</sup>, А.Б. Лолаев<sup>12</sup>, А.Х. Оганесян<sup>13</sup>, С.О. Дзедобоев<sup>14</sup>

**Аннотация.** На территории деятельности Тырнаузского вольфрамо-молибденового комбината (ТВМК) проведен комплекс геохимических исследований, включающий всесторонний анализ современными аналитическими и приборными методами различных поверхностных вод, почв сельхозугодий и естественных пастбищ, захороненных промышленных отходов ТВМК, отвалов карьеров [2–4,7].

В результате обобщения полученных данных, с учетом геолого-геохимических и физико-географических особенностей этого района, установлены основные источники загрязнения природной среды, представленные двумя группами – техногенной и природной.

По состоянию на август 2014 года установлено, что при выходе на предгорную равнину воды р. Баксан сильно загрязнены обширным набором элементов (W, Mo, Nb, U, Fe, Sb, Rb, Li, Tl, Be), содержание которых превышало в десятки – первые тысячи раз соответствующие значения ПДК для питьевой воды. Это создает реальную опасность для населения в районе действия ТВМК и прилегающих территорий, использующих р. Баксан в качестве источника питьевой воды и орошения сельхозугодий.

Определены содержания основного набора элементов в промышленных отходах и в водах «защитных» озер на хвостохранилище № 1, а также установлено, что за период длительного хранения отходов (порядка 50 лет) в них произошли физико-химические изменения с развитым новообразованием минеральных и химических фаз, которые имеют большую подвижность и токсичность.

В качестве первоочередных мер по снижению негативной нагрузки на окружающую среду в районе деятельности ТВМК и прилегающих территорий предлагается создание комплексной технологии переработки техногенных отходов с постепенной их утилизацией [7], а также строительство водозаборов ручьев, в первую очередь дренирующих Мукуланский карьер, с серией очистных фильтров в виде ионообменных колонок различного типа.

**Ключевые слова:** Тырнаузский вольфрамо-молибденовый комбинат (ТВМК), хвостохранилища, захороненные промышленные отходы, экономически значимые и экологически опасные элементы, загрязнение окружающей среды, полная утилизация отходов.

### ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в мире возникла проблема, обусловленная тем, что объемы добычи минерального сырья превышают прирост их запасов (так, мировые поставки вольфрама в 2010 г. возросли по сравнению с 2009 г. на 10 % и составили 69 тыс. т, а его потребление достигло 71 тыс. т). Частичное решение этой проблемы реально

за счет вовлечения в промышленную переработку «вторичных» месторождений (захороненных промышленных отходов горно-обогатительных (ГОК) и горно-металлургических (ГМК) комбинатов. Важным экономическим фактором при их переработке будет отсутствие дополнительных транспортных и энергетических (на измельчение отходов) затрат.

На территории России промышленные отхо-

<sup>1</sup> Гурбанов Анатолий Георгиевич – к. г.-м. н., ведущий научный сотрудник ИГЕМ РАН и ВЦ РАН (gurbanov@igem.ru).

<sup>2</sup> Богатиков Олег Алексеевич – академик, главный научный сотрудник ИГЕМ РАН (gurbanov@igem.ru).

<sup>3</sup> Винокуров Станислав Федорович – д. г.-м. н., ведущий научный сотрудник ИГЕМ РАН (gurbanov@igem.ru).

<sup>4</sup> Карамурзов Барасби Сулейманович – д. т. н., профессор, и. о. ректора Кабардино-Балкарского государственного университета (kedr@kbsu.ru).

<sup>5</sup> Газеев Виктор Магалимович – к. г.-м. н., научный сотрудник ИГЕМ РАН и ВЦ РАН (gazeev@igem.ru).

<sup>6</sup> Докучаев Александр Яковлевич – к. г.-м. н., старший научный сотрудник ИГЕМ РАН.

<sup>7</sup> Лексин Алексей Борисович – ведущий программист ИГЕМ РАН.

<sup>8</sup> Шевченко Александр Васильевич – к. п. н., профессор, заведующий кафедрой Чрезвычайных ситуаций Кабардино-Балкарского государственного университета (kedr@kbsu.ru).

<sup>9</sup> Долов Спартак Музаинович – ведущий инженер Учебно-научной лаборатории «Сейсмический мониторинг» Кабардино-Балкарского государственного университета (kedr@kbsu.ru).

<sup>10</sup> Дударов Залим Исламович – ведущий инженер Учебно-научной лаборатории «Гляциологический мониторинг» Кабардино-Балкарского государственного университета (kedr@kbsu.ru).

<sup>11</sup> Цуканова Лада Евгеньевна – научный сотрудник НИИ «Физики» Южного федерального университета (lada@sfedu.ru).

<sup>12</sup> Лолаев Алан Батразович – д. т. н., ведущий научный сотрудник ВЦ, директор ООО «ГЕОИНЖИНИРИНГ».

<sup>13</sup> Оганесян Алексан Хачатурович – к.т.н., с.н.с. ВЦ РАН, сотрудник ООО «ГЕОИНЖИНИРИНГ».

<sup>14</sup> Дзедобоев Станислав Олегович – аспирант СК ГМИ (ГТУ), сотрудник ООО «ГЕОИНЖИНИРИНГ».

ды ГОКов и ГКМ расположены: на Урале (Магнитогорский, Верхне-Салдинский, Гайский, Соколовско-Сарбайский и др.), в Забайкалье (Забайкальский, Джидинский, Балейский, Жирекенский, Шерловогорский и др.), на Алтае (Усть-Каменогорский, Лениногорский, Иртышский, Зыряновский и др.), в Приморье (Тетюхинский, Приморский и др.), на Кольском полуострове и в Карелии (Кольская горно-металлургическая компания, Ковдорский и Костамукшский ГОКи, Апатиты и др.), на Северном Кавказе (Тырныаузский, Садонский, Фиагдонский, Урупский ГОКи, Лермонтовское производственное объединение «Алмаз»).

Сейчас наиболее значимыми являются четыре стратегически важных типа рудных месторождений: редкоземельные, урановые, золоторудные и вольфрамо-молибденовые. Для некоторых типов месторождений (например, редкоземельных металлов; попутное извлечение платины, палладия и золота из отвальных пирротиновых хвостов на Норильском комбинате [15, 17] и др.) технологии утилизации отходов с переработкой их руд, в целом, разработаны и реализуются, а для вольфрамо-молибденовых месторождений эта проблема требует интенсивных исследований. Основные мировые запасы вольфрама локализованы в вольфрамо-молибденовых штокверковых и скарновых месторождениях на территориях Китая (64 %), России (14 %), Канады (11 %), США (4 %), а также Казахстана и Монголии.

Важно отметить, что в России большая часть разрабатываемых месторождений W и Mo расположена в ее восточной части, а металлургические предприятия – в ее западной части и на Урале. Кроме дальнейшего ведения поисковых работ в экономически освоенных районах целесообразно освоение нетрадиционных типов W-Mo содержащих объектов из экзогенных и техногенных проявлений – кор выветривания, отходов обогащения и т. д.

ТВМК до своего закрытия выпускал 60 % вольфрама и 15 % молибдена СССР. Исследования по возможности переработки и утилизации нетрадиционных типов W-Mo руд проводились для Уральского, Сибирского регионов и востока России [10, 15]). Такие исследования начаты нами при комплексном изучении захороненных в хвостохранилищах отходов обогатительной фабрики ТВМК [2–4, 7]. В процессе 50-летней деятельности ТВМК происходило закономерное наращивание объемов добычи руды и снижение кондиционных содержаний W и Mo в рудах. Так, в период 1975–1985 гг. добывалось 6,8 млн т руды в год, при снижении кондиционных содержаний до минимальных: W – 0,152 мас. % и Mo – 0,031 мас. %. Извлекаемость W и Mo состав-

ляла 60–70 %, Cu-Vi концентрата – до ~ 30 %, Au – до 3–4 %, что свидетельствовало о высоком технологическом уровне процесса обогащения руд [15]. Поэтому, содержания W, Mo, Cu и Vi в хвостохранилищах снизу вверх по разрезам, должны закономерно уменьшаться при постоянстве процента их извлечения.

Актуальность наших исследований обусловлена тем, что для минимизации возможной экологической катастрофы обоснована необходимость полной утилизации находящихся в хвостохранилищах № 1 и 2 промышленных отходов объемом 106 млн м<sup>3</sup>. При этом, промышленные отходы составляют 99,5 % от массы технологической пульпы. В этих отходах установлены аномальные концентрации ряда редких и рассеянных элементов, которые разделены на полезные, представляющие, при их извлечении, промышленный интерес (W, Mo и, возможно, Zn) и экологически опасные, требующие удаления из отходов и специального захоронения.

Накопленная огромная масса промышленных отходов представляет собой мощный источник постоянного загрязнения окружающей среды (гидросферы, литосферы [почвы] и биосферы), действующий путем водного и воздушного разноса вредных компонентов на значительные расстояния [2–4, 7] и составляющий экологический аспект проблемы. Поэтому создание технологии комплексной переработки этих отходов, позволяющей выделять рудные элементы (W, Mo и, возможно, другие) и удалять вредные компоненты, с очисткой основной массы отходов до ПДК, является актуальной задачей для обеспечения экологической безопасности в регионе. Это даст возможность дальнейшего использования основной массы отходов в качестве сырья для производства экологически чистых строительных материалов и получить экономически значимые металлы, что является технологическо-экономическим аспектом этой проблемы.

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ

В результате проведенных исследований [3, 7] установлено, что загрязнение вод, почв негативно сказывается на живых организмах, в том числе и на человеке [4, 7, 11, 12]. Известно, что загрязненная среда обитания оказывает как легко определяемое токсическое, так и сложно выявляемое генетическое (его последствия проявляются через длительный промежуток времени) влияние на живые организмы. Среди поллютантов важную роль играют тяжелые металлы (ТМ), что обусловлено их широким применением в промышленности и многочисленными путями поступления в окружающую среду и в организм человека. Особую проблему создает малая под-



Рис. 1. Схема опробования воды в 2014 году

вижность ТМ в биогеоценозах, обусловленная их плохой растворимостью. ТМ, попавшие в окружающую среду, формируют стойкие соединения, которые практически не выводятся из биогеоценозов и постепенно накапливаются в природных объектах и со временем могут достичь опасных концентраций, даже при незначительных уровнях их поступления. В Кабардино-Балкарской Республике основным источником локального поступления ТМ в окружающую среду является ТВМК, а именно отвалы вскрышных пород на карьерах и хвостохранилища, а также водотоки: текущие через карьеры, дренирующие нижнеюрские базальные конгломераты и вытекающие из верхнеюрско-меловых известняков.

**Выявление основных источников загрязнения гидросферы.** Анализы проб воды, отобранных в 2008 и 2010 гг. из защитных озер суперхранилища № 1 и из ряда водотоков, выполнялись методом ICP-MS в ИГЕМ РАН [2]. Было установлено, что тонкодисперсный материал с поверхности хвостохранилищ, в виде пылевых облаков, переносится постоянно дующими вдоль долины р. Баксан ветрами («Тырны-Ауз» в переводе с балкарского языка означает «Ущелье Ветров») на прилегающие к ним сельхозугодья и природные пастбища, а некоторыми постоянными и временными поверхностными водотоками, появляющимися после сильных дождей и интен-

сивного весеннего таяния снега, он сносится в р. Баксан, загрязняя, в разной мере, ее воды, используемые для полива сельхозугодий [2, 4].

Для оценки степени загрязнения вод р. Баксан некоторыми водотоками в августе 2014 г. были целенаправленно отобраны пробы воды из: защитных озер суперхранилища № 1 (№ 44-47/14); трех новых ручьев, вытекающих из основания насыпной дамбы (№ 42-43/14, 48/14); деривационного тоннеля (№ 49/14); ручья Большой Мукулан (№ 50/14), протекающего через отвалы карьеров ТВМК и базальные конгломераты нижней юры; левого притока р. Баксан (в 1,3 км южнее пос. Жанхотеко), вытекающего из верхнеюрско-меловых известняков (№ 41/14), и из р. Баксан при ее выходе на предгорную равнину (№ 40/14). Места отбора проб воды и результаты их анализа приведены на рис. 1 и в таблице № 1.

В пробе № 50/14, взятой из руч. Большой Мукулан, протекающего через Мукуланский и Высотный карьеры, отвалы вскрышных пород и базальные конгломераты нижней юры, и впадающего в р. Баксан, установлены концентрации ряда элементов, превышающие (в разы) предельно допустимые концентрации (ПДК здесь и далее для питьевой воды): Ba = 5,6; Ti = 9,6; Mn = 84; As = 147; Fe = 260; Li = 7; Rb = 2,4; Mo = 26,7; Cd = 12; Al = 308; Si = 8,4; Fe = 260; Ni = 6,9; TI = 32. Кроме того, в его воде установлены концен-

трации (в мкг/л): U = 13,4; Th = 3,9; Bi = 26,5; Pb = 341; La = 29; Ce = 58,8; Nd = 31,5; W = 31,6; S = 96 954; Cs = 168. Воды этого ручья загрязняют р. Баксан вышеуказанными элементами еще до хвостохранилищ ТВМК.

В воде малого непроточного «защитного» озера, в его западной (**проба 44/14**) и восточной (**проба 45/14**) частях, установлены концентрации элементов, превышающие (в разы) ПДК: Na = 1,7-1,6 (соответственно в **пробах № 44, 45/14**); Al = 6,4-33; Si = 2,8-3,8; Ti = 2,4; Mn = 4,3-1,2; Fe = 24-5,3; As = 68,9-70; Hg = 15; Li = 1,8-1,6; Rb = 4-2,3; Mo = 29,8-30; Sb = 1,9; Tl = 4-2; W = 50. Установлены также повышенные концентрации (в мкг/л): Cs = 11,9-10,0; S = 152 954-146 285; K = 15 049-13 847; Ca = 58 200-30 162.

В водах 3 новых ручьев (**пробы № 42, 43, 48/14**), вытекающих из основания дамбы на 2-ю надпойменную террасу и впадающих в р. Баксан, установлены концентрации ряда элементов, превышающие (в разы) ПДК:

Si = 3-4-5 (соответственно в **пробах № 42, 43, 48/14**); B = 1,9-1,0-0,6; Na = 1,8-1,1-1,3; Al = 1,2-1,1-0,4; Fe = 3-3-0,3; Mn = 1,5-1,1-0,1; As = 2,4-1,3-7; Sb = 0,8-1,0-1,1; Mo = 35,5-35,7-10,9; W = 88-80-80. Установлены и повышенные концентрации (в мкг/л): K = 13 213-9 323-6 366; Ca = 43 585-16 738-12 875; Au = 0,25-0,21-0,2; Nd = 283-247-0,1; Gd = 72 (**проба 43/14**); S = 119 200-45 382-102 094.

Такие концентрации рудных, редких и РЗЭ элементов в водах малого озера и 3 ручьев, вытекающих из основания дамбы, позволили полагать, что в результате длительного хранения промышленных отходов, их взаимодействия с остатками реагентов флотации и с водой защитных озер, нагреваемой солнечной энергией, возникли новые подвижные в воде минеральные формы (коллоиды?) или соединения W, Mo, S, As, Li, Sb, Tl, Bi и др., переносимые напрямую как в р. Баксан, так и при инфильтрации – в аллювиальные водоносные горизонты, часто используемые для водоснабжения.

В воде большого «защитного» озера, в его северной (**проба 46/14**) и южной (**проба 47/14**) частях, установлены концентрации ряда элементов, превышающие (в разы) ПДК: As = 1,8-1,6 (соответственно); Mo = 0,64-0,59; Li = 1,3-1,3; Cd = 7-0,1. Установлены также и повышенные концентрации (в мкг/л): S = 25 275-25 200 соответственно; K = 3 859-3 811; Ca = 32 789-32 051; Er = 1,6-1,3; W = 8-0,8. Такое резкое снижение содержания элементов в воде озера обусловлено тем, что в него впадает р. Гижгит, с дебетом ~ 55 тыс. м<sup>3</sup>/год, а для поддержания необходимого уровня воды в озере ее излишки постоянно сливаются по деривационному тоннелю в р. Баксан.

В воде, спускаемой с 1967 г. в объеме ~ 55

тыс. м<sup>3</sup>/год [8] по деривационному тоннелю (**проба 49/14**) в р. Баксан, установлены концентрации ряда элементов, превышающие (в разы) ПДК: Mn = 2; Mo = 10,9; Al = 13; Fe = 23; Li = 1,3. Выявлены также повышенные концентрации (в мкг/л): K = 1 789; Ca = 41 600; Gd = 69; Cs = 2,8; S = 9 564.

Учитывая постоянный дебет этого водотока, текущего на протяжении более 48 лет, считаем, что он внес и продолжает вносить довольно большой вклад в загрязнение вод р. Баксан.

Для выявления позитивного/негативного воздействия на воду р. Баксан опробован ее левый приток, вытекающий из верхнеюрско-меловых известняков (**проба 41/14**) в 1,3 км южнее сел. Жанхотеко. Его вода (дебет ~ 15 тыс. м<sup>3</sup>/год) всегда холодная и прозрачная, даже после сильных дождей. Здесь обустроено место ланча для туристов, едущих в Приэльбрусье и пьющих эту воду. Однако в ней установлены концентрации элементов-токсикантов, превышающие (в разы) ПДК: Mg = 1,2; Sr = 1,9, а также повышенные концентрации (в мкг/л) S = 407 227; K = 1 606; Ca = 510 961. Следовательно, этот водоток также загрязняет, в определенной мере, воды р. Баксан Sr, S, Mg, K, Ca.

Приведенные выше данные убедительно доказали, что воды р. Баксан постоянно загрязняются, не только материалом из хвостохранилищ, но и постоянными водотоками: 1) протекающими через карьеры и отвалы вскрышных пород; 2) дренирующими нижнеюрские базальные конгломераты, содержащие спорадическую U-Th минерализацию; и 3) вытекающими из верхнеюрско-меловых известняков. Каждый из этих водотоков постоянно загрязняет воды р. Баксан рядом конкретных элементов, и этот процесс уже сейчас представляет угрозу экологической безопасности региона.

Установлено, что в августе 2014 г. воды р. Баксан, при выходе на предгорную равнину (**проба 40/14**), загрязнены (превышение ПДК в разы): Al = 29,6; Si = 1,9; Ti = 2,7; Mn = 1,9; Fe = 33,7; а также в них установлены содержания (в мкг/л): S = 14 578; Cs = 1,7; Tl = 1,2; Th = 1,4 и др. Эти данные необходимо учитывать при строительстве водозаборов питьевой воды и оросительных систем, т. е. для обеспечения экологической безопасности населения, проживающего вдоль долины р. Баксан, как в ее горной части, так и на равнине, включая реки Малку и Терек.

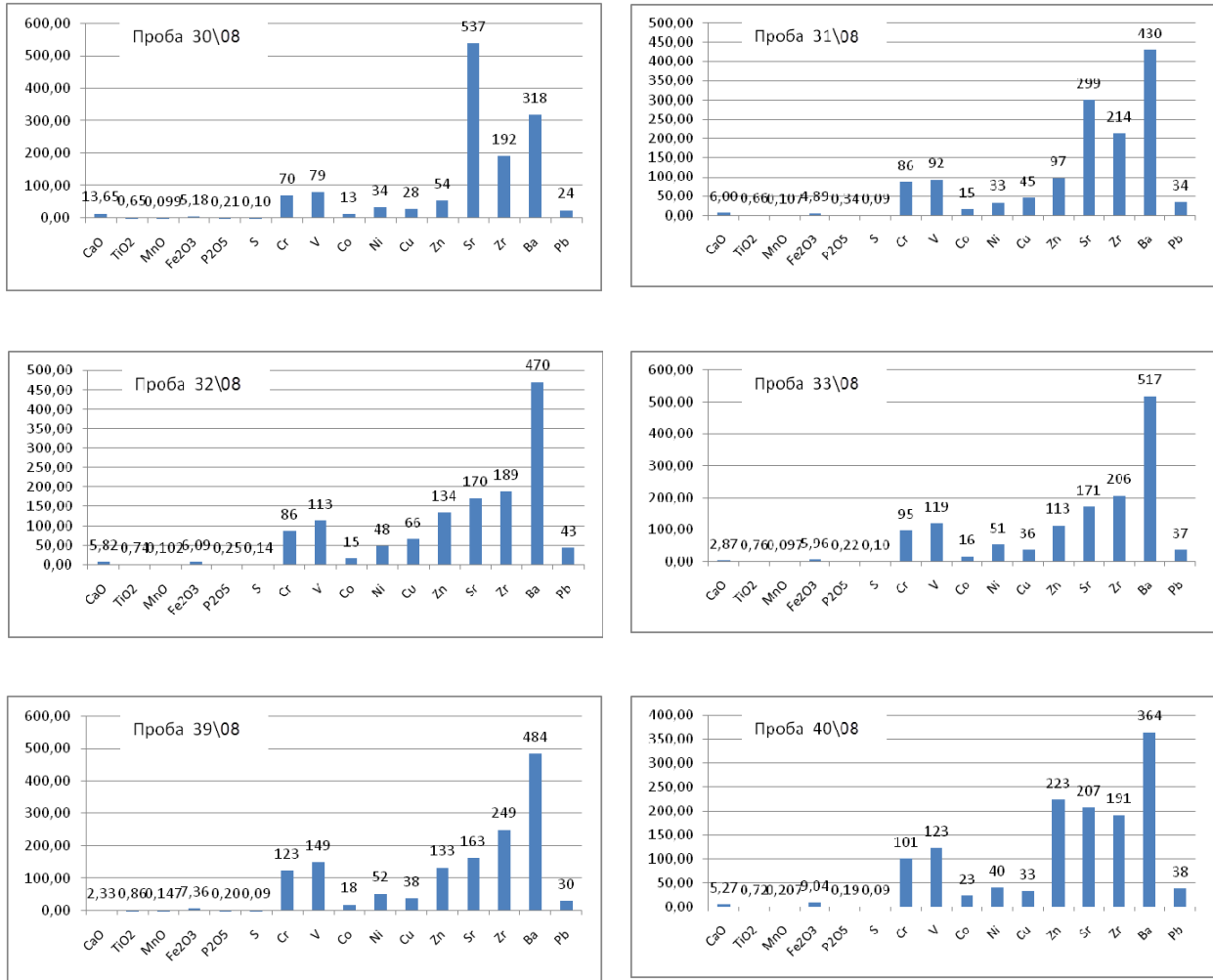
Результаты геохимических исследований проб воды в контрольных створах р. Баксан показали распространение негативного влияния на них «сточных» вод ТВМК вплоть до устья р. Баксан и далее по р. Малке, после переброса в нее, по межреспубликанскому Баксан-Малкинскому каналу, загрязненных баксанских вод [1, 6]. Хотя ТВМК не работает 14 лет (с 10.2001 г.),

Таблица 1

Содержание (в мкг/л) элементов в «защитных» озерах и в ряде водотоков района ТВМК по данным прецизионных (ICP-MS и ICAP-6500) анализов

Элемент	ПДК мкг/л для питьевой воды	Содержание в воде, мкг/л										Левый приток р. Баксан из известняков J <sub>3</sub> -K, Пр. 41/14	Р. Баксан при выходе на предгорную равнину, Пр. 40/14		
		Защитное озеро хвостохранилища 2, пр. 44/14, 45/14	Защитное озеро хвостохранилища 2, пр. 42/14, 43/14, 48/14	Ручьи из дамбы хвостохранилища 2, пр. 42/14, 43/14, 48/14	Защитное озеро хвостохранилища 1, пр. 46/14, 47/14	Деривационный тоннель, пр. 49/14	Ручей Мукулун, дренирующая карьера, пр. 50/14	Большой дренажный отвал карьера, пр. 50/14	242	2633	61725			82	
B	500	297-298	307-597	307-597	205	242	<0,6	66							
Al	200	1277-6592	31-247	31-247	48-60	2633	61725	5937							
Si	10000	28517-38721	31487-48780	31487-48780	1302-1439	6661	84942	19207							
S		146285-152954	45382-119200	45382-119200	25200-25275	9564	96954	14587							
Ti	100	36-243	0,1	0,1	1,0-1,5	18	961	275							
V	100	4-14	0,1-1,3	0,1-1,3	0,2-0,3	7,8	117	10							
Mn	100	123-430	15-154	15-154	4-6	208	8414	198							
Fe	300	1601-7288	98-974	98-974	49-68	6970	78137	10133							
Ni	20	6	0,1	0,1	0,1	7,2	138	7							
As	10	689-701	14-70	14-70	17-18	2,5	1467	6,3							
Sr	7000	214-266	53-154	53-154	993-1001	122	5699	480							
Ba	100	11-30	9-23	9-23	33-34	46,5	565	76							
Hg	0,1	1,5	6,0	6,0	<0,01	0,1	0,1	0,1							
Pb		4-10	0,1-0,7	0,1-0,7	0,2-0,3	3,9	341	5,9							
Li	20	29-35,7	2,3-10,7	2,3-10,7	26,7-26,8	26,5	147,6	11,6							
Be	20	0,185-1,017	0,0001	0,0001	0,012	0,162	0,552	0,340							
Rb	10	23,3-41	5,2-8,4	5,2-8,4	2,7-2,8	4,1	244,6	16,4							
Mo	100	2,9-3,4	3,5-11	3,5-11	59-64	1,2	2,7	4,3							
Cd	10	<0,003	<0,003	<0,003	0,007	0,017	12,1	0,069							
Sb	10	9,5-9,5	4,7-5,5	4,7-5,5	0,5-0,55	0,3	2,1	0,17							
Te	3	0,2-0,3	0,0001-0,062	0,0001-0,062	0,01-0,02	0,0001	0,9	0,009							
W	5	12,5-12,6	4-4,4	4-4,4	6,7-8,0	0,082	31,5	0,33							
Tl	10	0,056-0,228	0,002-0,004	0,002-0,004	0,012-0,016	0,029	3,2	0,12							
Bi	10	1,2-6,0	0,029-0,126	0,029-0,126	0,082-0,12	0,032	26,4	0,26							
U	10	1,08-1,3	0,02-0,071	0,02-0,071	0,61-0,614	0,39	13,4	2,4							

Применение: элементный анализ этих проб проведен атомно-эмиссионным (ICAP-6500, Thermo Scientific, США) и масс-спектральными методами с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS (X-7, Thermo Elemental, США) в Аналитическом сертифицированном испытательном центре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН (АСИЦ ИПТМ РАН) с использованием стандартного образца питьевой воды "Trace Metals in Drinking Water" производства High-Purity Standards (США)



**Рис. 2. Содержания (г/т) микроэлементов в почвах пастбищ и сельхозугодий (капустные поля), определенные методом рентгено-флюоресцентного анализа**

Примечание: пробы: 30/08 (ФП) – почва расположена в 1 км южнее пос. Жанхотек и севернее эскарпа Скалистого хребта, левый борт долины р. Баксан; 31/08 – (почва с дерниной), отобрана в 1,5 км выше моста через р. Бол. Бедык на сенокосе, правый борт долины р. Баксан; 32/08 – в 3 км выше по долине р. Баксан, в ее левом борту, перед Скалистым хребтом; 33/08 – черная жирная почва, взята на пастбище, в 0,4 км севернее окраины пос. Бедык; 39/08 – почва 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 ТВМК; 40/08 – почва с дерниной, с пастбища на левом борту долины р. Баксан на четвертой надпойменной террасе в 180 м С-В насыпной дамбы суперхранилища 1 ТВМК

изменений качества сточных вод ТВМК в лучшую сторону пока не наблюдается, а концентрации W и Mo на данном участке р. Баксан возрастают, и класс качества воды остался шестым (очень грязная) [6]. Поэтому ее экологическое состояние как рыбохозяйственного водоема первой категории резко ухудшилось, и из ее оборота было выведено 90 га ценных нерестовых и нагульных площадей [6]. Из-за постоянного ухудшения геохимического состава вод р. Баксан проявляется реальная опасность загрязнения ими других водоемов высшего порядка, что может привести к выведению из рыбохозяйственного оборота значительных нерестовых и нагульных площадей в бассейне р. Терек [5]. В 2001 г. в воде р. Терек было установлено превышение ПДК: Mo в 4–8; W в 4 и Cu в 2 раза [1, 5, 6]. Следовательно, уже

начала проявляться региональная экологическая катастрофа, выразившаяся в загрязнении ТМ, радиоактивными элементами и элементами-токсикантами части среды (гидросферы) обитания человека. Причем экологически опасные элементы (Th, U, Tl, As, Sb, Cd, B, Li, Pb, Zn, W, Mo, Cu, Sr, Rb и др.) будут постоянно поступать из хвостохранилищ и водотоков (текущих через карьеры ТВМК и отвалы вскрышных пород (их накопилось 252 771 тыс. т); вытекающих из деривационного тоннеля; дренирующих нижнерские базальные конгломераты, содержащие спорадическую U-Th минерализацию; и вытекающих из верхнеюрско-меловых известняков) и впадающих в р. Баксан, постоянно загрязняя ее воды и накапливаясь в них.

Выявлены основные источники загрязнения

Таблица № 2

Содержание (в г/т) элементов в промышленных отходах хвостохранилищ  
(по данным анализов методами РФА и РСА)

Хвостохранилище № 2. 31 проба				Хвостохранилище № 1. 31 проба		
Элементы	среднее (в г/т)	минимальное (в г/т)	максимальное (в г/т)	среднее (в г/т)	минимальное (в г/т)	максимальное (в г/т)
W	520	200	1450	420	200	910
Mo	129	36	320	145	100	240
Cu	72	21	183	65	39	120
Pb	25	9	66	26	14	68
Zn	279	200	430	290	230	460
As	69	25	143	96	39	180
Sb	10	4	17	5	5	5
Sr	303	240	340	315	220	350
Sn	68	40	86	89	57	85

вод р. Баксан, для которых необходимо снизить уровень их загрязнения, а соответственно, и воздействия на здоровье населения. Это можно осуществить, построив на них водозаборы и пропуская воду этих водотоков через ионообменные колонны, оснащенные соответствующими наборами смол, на которые будут селективно или совместно осаждаться конкретные экологически опасные и экономически полезные металлы. После того как в воде, проходящей через эти колонны, концентрации нужных элементов достигнут ПДК, она будет сбрасываться в р. Баксан, не загрязняя ее. С ионообменных колонн периодически будут сниматься накопившиеся на смолах конкретные металлы.

**Основные источники загрязнения литосферы (почвы пастбищ и сельхозугодий).** В отвалах карьеров ТВМК накопилось 252 771 тыс. т вскрышных пород, а в хвостохранилищах № 1 и 2 находится свыше 106 млн м<sup>3</sup> отходов второго класса опасности, содержащих As, W, Mo, Sb, Zn, Cu и другие металлы [5, 6].

В поверхностном (~ 1,5 м) слое промышленных отходов установлены следующие средние содержания (в г/т) элементов [2–4]: в хранилище № 2: 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; в суперхранилище № 1: 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. Эти данные необходимы для оценки степени загрязнения естественных пастбищ, сельхозугодий и населенных пунктов,

прилегающих к хвостохранилищам, при ветровом разнесе с их поверхности тонкодисперсного материала. При опробовании почв учитывалось, что степень их загрязнения на пастбищах и сельхозугодиях зависит от следующих факторов:

- от силы и скорости ветров, дующих утром и днем – вверх по долине, а вечером и ночью – вниз по долине;

- от размерности промышленных отходов, залегающих непосредственно на поверхности хвостохранилищ (пляжные части) или обнажающихся в промоинах, искусственных шурфах и карьере.

Особую опасность представляет токсичная пыль с пляжных частей хвостохранилищ и с вскрытой части хвостохранилища № 2, используемой сейчас под карьер «инертных» материалов. Общая площадь поверхности, подвергаемой ветровой эрозии, порождающей огромные тучи токсичной пыли, составляет ~ 25 000 м<sup>2</sup> [1, 6]. Пыль оседает на территории г. Тырнауза, пос. Былым, в поймах р. Баксан и ее притоков и на склонах долин, используемых под естественные пастбища.

На основании анализа последних результатов геохимических исследований (методами РФА и РСА) 62 пунктирно-бороздовых проб из керна 4 скважин глубиной 20–30 м, пробуренных на хвостохранилищах № 1 и 2, рассчитаны средние содержания (в г/т) наиболее важных, с экологической и экономической точек зрения, элементов (табл. 2).

**Ветровой разнос.** Объекты промышленной

разработки рудных ископаемых являются источниками значительного поступления и негативного влияния минеральных тонкодисперсных (наноразмерных) частиц на окружающую среду [17]. Получены данные о геохимических особенностях почв с пастбищ и сельхозугодий, прилегающих к хвостохранилищам. Изучено распределение в них содержаний [4] как экономически полезных (Zn, Pb, Sb, Mo, W и др.), так и экологически вредных (S, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Mo, W, Zn, Pb, As, Sb, Cs, Sr, Rb, U, Th, Ba и др.) элементов (рис. 2).

При опробовании учитывалось, что почвы могли загрязняться рядом тяжелых и канцерогенных элементов, не только за счет разноса постоянными ветрами тонкодисперсных фракций с поверхности хвостохранилищ, но и возникавшей при массовых взрывах на Высотном и Мукуланском карьерах в период работы ТВМК [4]. После взрывов на высоту до 1 км поднимались пылевые облака с рудным веществом (W, Mo, Sb, As, Zn, Si и др.), которые разносились ветрами вверх и вниз по долинам р. Баксан и ее притоков на различные расстояния, в зависимости от скорости и направления движения воздушных масс в нижних слоях атмосферы.

В составе техногенной пыли тонкодисперсные частицы (аэрозоли) занимают небольшую по объему долю, но являются ее наиболее активной и подвижной частью. Наибольшую экологическую опасность представляют выбросы кварцевой пыли (в основной массе отходов ТВМК доля кварца достигает 49 %) и пыли тяжелых металлов. По существующим оценкам общая масса тонкодисперсных аэрозолей в горнодобывающей промышленности (для среднего по запасам месторождения) оценивается в 10 т/год, из которых не менее 10–12 % составляют ультрамелкие частицы [13, 15, 17]. При скорости ветра 5 м/сек начинается интенсивный разнос сухой пыли с поверхности, а при 8 м/сек этот процесс резко усиливается [14, 17]. Интенсивность выдувания и разноса пыли зависит также и от конструкции хвостохранилищ, отвалов и степени их защищенности рельефом местности и растительностью. Для карьеров ТВМК и отвалов вскрышных пород интенсивность пылевого потока весьма значительна в связи с тем, что карьеры расположены на высотах 2 400–2 900 м с постоянными и сильными ветрами при отсутствии растительности. Значительные количества пыли из них продолжают поступать в биосферу и в балки с водотоками – Большим и Малым Мукуланом и др.

Подавляющее большинство горных предприятий являются источниками пассивной пыли, распространение которой происходит за счет переноса воздушными массами. Но при ее попадании на почву со слабо- и среднекислотной реакцией может происходить выщелачивание из

нее металлов с последующей их миграцией.

Анализ результатов геохимических исследований проб почв показал, что загрязнение тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв, как на естественных пастбищах, так и на сельхозугодьях пос. Былым, происходит за счет ветрового разноса захороненных промышленных отходов. Причем наиболее сильно загрязнены почвы пастбищ, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам (проба 40/08). Однако, судя по элементному составу руд ТВМК, наблюдается и реальный вклад в разнос ветрами «облаков» тонкодисперсной пыли, образовавшихся при массовых взрывах на карьерах в период работы ТВМК.

Для оценки степени техногенного загрязнения проведено сравнение концентраций элементов, установленных в почвах на пастбищах и сельхозугодьях в районе пос. Былым, с нормами ПДК [11]. Установлено превышение норм ПДК (в разы) в: фоновой пробе «ФП» **пробе 30/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 7, S в 6, Co в 3, Ni в 8, Cu и As в 9, Zn в 2; **пробе 31/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 11, S в 6, Co в 3, Ni в 8, Cu в 15, Zn в 4, As в 10; **пробе 32/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 8, S в 9, Co в 3, Ni и As в 12, Cu в 33, Zn в 6, Pb в 2; **пробе 33/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 7, S в 6, Co в 3, Ni в 13, Cu в 12, Zn в 5, As в 18; **пробе 34/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 8, S и Zn в 5, Co в 4, Ni в 13, Cu в 10, As в 5; **пробе 35/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 6, S в 4, Co в 3, Ni в 12, Cu в 10, Zn в 4, As в 18; **пробе 36/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 6, S и Zn в 4, Co в 3, Ni в 11, Cu в 10, As в 12; **пробе 37/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 9, S и Co в 4, Ni и Cu в 15, Zn в 6, As в 12; **пробе 38/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 5, S в 8; Co и Zn в 3, Ni в 9, Cu в 11, As в 19; **пробе 39/08** – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 7, S в 6, Co в 4, Ni, Cu, Mo в 13, Zn в 6, As, W в 28; **пробе 40/08** – S, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в 6, Co в 5, Ni и Zn в 10, Cu, Mo в 11, Sb в 2, As, W в 44.

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

**Возможное негативное воздействие на экологическую обстановку сейсмических и селевых явлений.** Оценивая экологическую безопасность этого региона, необходимо учитывать и то, что хвостохранилища расположены в селе- и сейсмоопасном районе [1, 8]. Нашими визуальными наблюдениями выявлено несколько микронарушений в насыпной дамбе, фиксирующихся новообразованными, пока маловодными, ручейками. Дамба представляет собой серьезную экологическую опасность, так как в случае проявления мелкофокусных землетрясений с глубиной эпицентров до 10 км и с M = 6–7 или при сходе по долине р. Гижит крупного селевого



потока дамба может быть разрушена, и огромный техногенный сель пойдет вниз по долине р. Баксан, разрушая и загрязняя рядом элементов-токсикантов все на своем пути. А это уже будет региональной экологической катастрофой.

### ТЕХНОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ

По современным представлениям [17], объекты промышленной разработки рудных полезных ископаемых являются источниками значительного поступления и негативного влияния тонкодисперсных минеральных частиц (наночастиц) на окружающую среду. В последнее время большое значение приобретают руды, в том числе и во вторичных (техногенных) месторождениях, в которых полезные компоненты полностью или частично находятся в виде субмикронных частиц в сростках с нерудными минералами. Эти руды имеют высокую «химическую» и «физическую» упорность, что требует для их переработки создания новых технологий обогащения [16], основанных на новых данных о строении, свойствах и способах разрушения минеральных агрегатов с наноразмерными включениями рудных минералов. Решение этой проблемы возможно при целенаправленном повышении роли вторичных ресурсов, находящихся в хвостохранилищах ГОКов и ГМК. В ряде случаев их использование уже является рентабельным [15, 16].

В результате комплексного минералого-геохимического исследования отобранных проб из керн 4х скважин, пробуренных в 2014 г. в главных опорных пунктах хвостохранилищ, получена информация о формах нахождения и закономерностях распределения рудного минерального вещества отвальных хвостов [7]. Установлена закономерность в характере распределения содержаний ряда элементов, заключающаяся: в четко выраженном увеличении концентраций W и Mo в вертикальном разрезе от поверхности к основанию хвостохранилища № 2 [7]; и в менее явно выраженном увеличении содержаний этих же элементов от поверхности до глубины 20 м в суперхранилище №1.

Суммарные запасы (в тыс. тонн) металлического минерального сырья в двух хвостохранилищах, по данным ТВМК, составляют: W ~ 230, Mo ~ 60, Cu ~ 15, Bi ~ 4, Au – от 1 до 5 т, Ag – от 4 до 20 т при среднем содержании в них W ~ 0,2 %; Mo ~ 0,05 %. Запасы неметаллического минерального сырья, пригодного (только после извлечения из него тяжелых и канцерогенных металлов) для производства строительных материалов, исчисляются десятками млн тонн.

За длительное время хранения в промышленных отходах произошли изменения и преоб-

разования под воздействием многих внешних и внутренних факторов [3, 7]. При электронно-микроскопических исследованиях в пробах, обогащенных W и Mo, выявлены монокристаллы и поликристаллические образования, размером от долей до первых микрон (мкм). Энерго-дисперсионным рентгеновским анализом были выявлены новообразованные тонкодисперсные низкотемпературные минеральные формы вольфрама и молибдена: шеелит, тунгстит, молибдотунгстит и вольфрамат кальция [3, 7].

По полученным новым данным средние содержания (в г/т) рудных элементов (табл. 2) в хвостохранилищах (по 62 пробам из керн 4 скважин) составляют: Mo – 138, W – 470, Pb – 26, Zn – 285, Cu – 69 и As – 83, что несколько выше, как данных ТВМК, так и полученных нами ранее данных для верхних 1,5 м горизонтов хвостохранилищ [3]. Поэтому запасы металлов в хвостохранилищах должны быть выше подсчитанных в ТВМК, что может повысить рентабельность их переработки за счет извлечения большего количества металлов при полной утилизации отходов ТВМК. При этом отметим, что концентрации Pb, Cu, Sn, Sr имеют низкие значения (близкие к кларковому в гранитах) и поэтому их извлечение лишено практического смысла, так как они не опасны в экологическом плане. Повышенные содержания W, Mo, Zn могут представлять практический интерес при наличии эффективной методики их извлечения. Установлены субкларковые, слабо дифференцированные содержания Au и Ag во всех фракциях, и поэтому их извлечение будет нерентабельным [7].

Полученные комплексные данные позволили обосновать целесообразность извлечения рудных элементов из отвальных хвостов и разработки рентабельных технологических подходов для проведения полной утилизации отходов ТВМК. Наиболее перспективной, по нашим данным, является адаптация термогидрометаллургического способа [9] комплексной переработки промышленных отходов ТВМК, а при необходимости будут привлекаться другие методы и технологии в наиболее эффективном сочетании. Учитывая огромное количество отходов (~106 млн м<sup>3</sup>) и необходимость повышения рентабельности их переработки, были проведены опыты по разделению 2 сводных проб «хвостов» из каждого хвостохранилища на легкие и тяжелые фракции гравитационным и электромагнитным методами [7]. Считалось, что все экономически значимые рудные минералы (W, Mo, Zn) попадут в тяжелую фракцию, объем которой не будет превышать первых процентов от общей массы «хвостов», а в легкой фракции концентрации Pb, Cu, Sn, Sr, As, Sr, Rb не будут экологически опасными. Однако разделения на эти фракции не произошло

(объем тяжелой фракции составлял 30–35 % от общего объема пробы, а объем электромагнитной фракции составлял 47–73 % от общего объема тяжелой фракции) из-за того, что рудные минералы находятся в тончайших сростках с нерудными минералами, а «свободные» рудные минералы были извлечены из пульпы в процессе флотации [7]. Поэтому стало целесообразно продолжение опытов по их магнитному разделению с попыткой выделения сильно магнитной фракции.

Учитывая повышенные концентрации (в мкг/л) в воде малого защитного озера (табл. 1, пробы 44-45/14) экономически важных (Mo, W, Be, Sn, Bi) и экологически опасных (As, Li, Rb, Tl, Sb, Cs, Th, U, Hg) элементов, решено использовать эту воду вместо водопроводной или речной воды, в замкнутой системе в серии лабораторных опытов по адаптации термогидрометаллургического способа полной утилизации отходов ТВМК. В результате из вод этого озера будут дополнительно извлечены экономически полезные металлы, а извлечение (или перевод в твердую фазу) экологически опасных металлов благотворно отразится на экологической обстановке региона.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлено, что в августе 2014 г. воды р. Баксан при выходе на предгорную равнину были загрязнены (превышение ПДК в разы): Al = 29,6; Si = 1,9; Ti = 2,7; Mn = 1,9; Fe = 33,7; а также в них установлены содержания (в мкг/л): S = 14 578; Cs = 1,7; Tl = 1,2; Th = 1,4 и др. Эти данные необходимо учитывать для обеспечения экологической безопасности населения, проживающего в долине р. Баксан, как в ее горной части, так и на равнине.

2. Выявлены основные источники загрязнения вод р. Баксан, к которым относятся: а) промышленные отходы в хвостохранилищах; б) постоянные водотоки: протекающие через карьеры ТВМК и отвалы вскрышных пород; вытекающие из деривационного тоннеля; дренирующие нижнеюрские базальные конгломераты, содержащие спорадическую U-Th минерализацию; и вытекающие из верхнеюрско-меловых известняков, местами содержащих целестиновую (Sr) минерализацию. Этот процесс уже представляет угрозу экологической безопасности региона. Для ликвидации или снижения степени загрязнения вод р. Баксан предложено строительство водо-

заборов на вышеуказанных водотоках с последующей очисткой их вод до норм ПДК с помощью ионообменных колонн, оснащенных соответствующими наборами смол, которые могут селективно или совместно сорбировать конкретные экологически опасные и экономически ценные металлы, которые периодически будут сниматься со смол в заводских условиях.

3. Доказано, что происходит постоянное загрязнение тяжелыми и канцерогенными металлами современных почв на естественных пастбищах и на сельхозугодьях пос. Былым, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам, за счет разноса ветрами тонкодисперсной пыли с их поверхности.

4. При оценке экологического состояния региона необходимо учитывать, что при хранении все отходы претерпевают изменения, обусловленные физико-химическими превращениями под влиянием внешних условий и внутренних факторов. В результате образуются значительные количества новообразованных соединений, являющихся более токсичными и подвижными, чем исходные соединения [7, 8, 12, 15, 17]. Эти соединения могут попадать в грунтовые и подземные воды, загрязнять источники водоснабжения населения.

5. Для снижения степени риска людских потерь, минимизации возможного материального ущерба от природных и техногенных катастроф, снижения негативной нагрузки на экологическую обстановку в регионе и на здоровье населения необходима полная утилизация промышленных отходов, накопленных в хвостохранилищах ТВМК, с обязательным предварительным извлечением из них экономически ценных металлов и элементов-токсикантов [3, 7]. Наиболее вероятным вариантом комплексной переработки промышленных отходов ТВМК, без их предварительного фракционирования на легкую и тяжелую фракции, будет адаптация способа термогидрометаллургии [9], а при необходимости будут привлекаться и другие методы и технологии в наиболее эффективном сочетании. Утилизация промышленных отходов, вероятнее всего, будет экономически нерентабельной и потребует дополнительных инвестиций от госструктур или частных компаний, но, с другой стороны, полная утилизация отходов снимет огромную негативную нагрузку на экологию региона и на здоровье населения.

*Работа выполнена по плану НИР на 2015 г. при поддержке Российского научного фонда (соглашения № 14-17-00474 от 01.07.2014 г.) и по плану НИР ВНЦ РАН на 2015–2017 гг.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Атлас природно-техногенных опасностей Кабардино-Балкарской республики.** Под ред. И.И. Мазура. – М.: Изд. центр «Елима», 2005, С. 126–127.
2. **Бортников Н.С., Богатилов О. А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Шаizzo Ю.К., Газеев В.М., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Цуканова Л.Е.** и др. Результаты исследования воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината на воду р. Баксан и ее притоков // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2013, Т. 13, № 3, С. 22–30.
3. **Бортников Н. С., Богатилов О. А., Карамурзов Б. С., Гурбанов А. Г., Докучаев А. Я., Лексин А. Б., Газеев В. М., Шевченко А. В.** Захороненные промышленные отходы Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината: состав, геохимические особенности и их утилизация как решение экологических и социальных проблем на территории Кабардино-Балкарской республики, Россия // Геозкология, инженерная геология, гидрогеология, геохронология. 2013, № 3, С. 231–249.
4. **Бортников Н.С., Богатилов О.А., Карамурзов Б.С., Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Газеев В.М., Лексин А.Б., Шевченко А.В.** Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината на экологическую обстановку (почвенно-растительный слой) прилегающих территорий Приэльбрусья (Кабардино-Балкарская республика, Россия) // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геохронология. 2013, № 5, С. 405–416.
5. **Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Кабардино-Балкарской республике в 2000 году.** – Нальчик. 2001, 117 с.
6. **Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды в Кабардино-Балкарской республике в 2002 году.** – Нальчик. 2003, 257 с.
7. **Гурбанов А.Г., Богатилов О.А., Карамурзов Б.С. 2, Газеев В.М., Винокуров С.Ф., Лексин А.Б., Шевченко А.В., Долов С.М., Дударов З.И., Богатов Н.Х., Лолаев А.Б., Оганесян А.Х., Дзевоев С. О., Козинкин А.В., Козаков А.Т., Цуканова Л.Е.** Проблемы утилизации промышленных отходов Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината (Кабардино-Балкарская республика) в свете новых данных. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. г. Нальчик, № 1 (63), 2015 г., С. 82–90.
8. **Вагин В.С., Голик В.И.** Проблемы использования природных ресурсов Южного Федерального округа. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2005, 192 с.
9. **Винокуров С.Ф.** Термогидрометаллургический способ комплексной переработки медного концентрата с извлечением цветных и благородных металлов // Патент на изобретение. М.: 2005, Бюлл. № 18.
10. **Елохин В.А.** Молибденовые и молибденосодержащие формации Урала. Автореф. дис. д-ра геол.-минерал. наук. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2010, 49 с.
11. **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.
12. **Реутова Н.В., Дреева Ф.Р., Реутова Т.В., Шевченко А.А.** Исследование генотоксического влияния хвостохранилищ горно-обогатительного комбината. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, г. Нальчик, № 1 (63), 2015 г., С. 112–116.
13. **Смирнова О.К., Сарпулова А.Е., Цыренова А.А.** Особенности нахождения тяжелых металлов в геотехногенных ландшафтах Джидинского вольфрам-молибденового комбината // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геохронология. 2010, № 4, С. 319–327.
14. **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 // Геозкология. Инженерная геология, гидрогеология, геохронология. 2009, № 6, С. 483–489.
15. **Трубецкой К.Н., Чантурия В.А., Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В.** Комплексное освоение месторождений и глубокая переработка минерального сырья. – М.: Наука, 2010, 437 с.
16. **Чантурия В.А.** Прогрессивные технологии обогащения руд комплексных месторождений благородных металлов // Геология рудных месторождений, 2003, Т. 45, № 4, С. 321–328.
17. **Чантурия В.А., Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Бунин И.Ж.** Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М., Наука: 2006, 216 с.

THE INDUSTRIAL WASTE REPOSITORY UTILIZATION OF THE  
TYRNYAUZ TUNGSTEN-MOLYBDENUM INDUSTRIAL COMPLEX  
(THE KABARDINO-BALKARIAN REPUBLIC, NORTH  
CAUCASUS, RUSSIA): ECOLOGICAL AND THE  
TEKHNOLOGO-ECONOMIC ASPECTS OF ITS COMPLEX  
PROCESSING ACCORDING TO THE NEW DATA

A.G. Gurbanov<sup>1,4</sup>, O.A. Bogatkov<sup>1</sup>, S.F. Vinokurov<sup>1</sup>, B.S. Karamurзов<sup>2</sup>,  
V. M. Gazeev<sup>1,4</sup>, A.B. Lexin<sup>1</sup>, A.V. Shevchenko<sup>2</sup>, S.M. Dolov<sup>2</sup>, Z.I. Dudarov<sup>2</sup>,  
L.E. Tsukanova<sup>3</sup>, A.B. Lolaev<sup>4</sup>, A.X. Oganessian<sup>4</sup>, S.O. Dzeboev<sup>4</sup>

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

2 – Kabardino-Balkarian State University (KBSU), Nalchik (kedr@kbsu.ru).

3 – The South Federal University; Rostov on Don (lada@sfedu.ru).

4 – VSC RAS, Vladikavkaz

**Abstract.** At the Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TTMMC) working area the complex of geochemical investigation, including a comprehensive analysis of material by modern analytical and instrumental methods, a different types of surface water, soil of agricultural fields and native pastures, industrial waste of TTMMC, spoil and mine banks have been carry out. The extension of data obtained, with allowance of geological-geochemical and physical-geographical peculiarities of this area, the main two groups of contributors of pollution of the environment (technological and natural) have been established.

Data are as August, 2014, it was established that water of Baksan river, attached after exit on piedmont plain, was a strongly pollution by quite voluminous row of elements (W, Mo, Nb, U, Fe, Sb, Rb, Li, Tl, Be). Their contents is over in ten-first thousand times of PDC values for the drinking water. This is a real health hazard for the population living at the working area of TTMMC and adjacent territories, which are using water from Baksan river as an spring of drinking water and for the irrigation of agricultural fields.

Content of major row elements in the industrial wastes and in water of "protectional" lakes have been obtained. It was established, that during a long (about 50 years) period of the industrial waste keeping in it the physical-chemical changes have been done with advances of neogenetic mineral and chemical phases, which have a lager mobility and toxic.

As an immediate measure for lowering of the negative loading on surroundings in working area of TTMMC and adjacent territories is proposed to produce of complex technology of the processing of industrial waste with their gradual utilization, and also building of reservoir for water from creeks, draining Mukulansky quarry first, with a series of cleaning filters as a ionic-exchange column of a different types.

**Keywords:** Tyrnyauz tungsten-molybdenum mining complex (TTMMC), repository, industrial waste, economical significant and ecological danger elements, fouling of environment, the full utilization of waste.

## REFERENCES

1. Atlas prirodno-tekhnogennykh opasnostey Kabardino-Balkarskoy respubliki. Pod red. I.I. Mazura. M. Izd. tsentr «Elima», 2005, S.126-127.
2. Bortnikov N.S., Bogatikov O. A., Karamurzov B.S., Gurbanov A.G., Shazzo Yu.K., Gazeev V.M., Dokuchaev A.Ya., Leksin A.B., Tsukanova L.E. i dr. Rezul'taty issledovaniya vozdeystviya zakhoronennykh promyshlennykh otkhodov Tyrnyauzskogo vol'framovo-molibdenovogo kombinata na vodu r. Baksan i ee pritokov // Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo tsentra RAN. 2013, T.13, № 3, S. 22-30.
3. Bortnikov N. S., Bogatikov O. A., Karamurzov B. S., Gurbanov A. G., Dokuchaev A. Ya., Leksin A. B., Gazeev V. M., Shevchenko A. V. Zakhoronennyye promyshlennyye otkhody Tyrnyauzskogo vol'framovo-molibdenovogo kombinata: sostav, geokhimicheskie osobennosti i ikh utilizatsiya kak reshenie ekologicheskikh i sotsial'nykh problem na territorii Kabardino-Balkarskoy respubliki, Rossiya // Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2013, № 3, S. 231-249.
4. Bortnikov N.S., Bogatikov O.A., Karamurzov B.S., Gurbanov A.G., Dokuchaev A.Ya., Gazeev V.M., Leksin A.B., Shevchenko A.V. Otsenka vozdeystviya zakhoronennykh promyshlennykh otkhodov Tyrnyauzskogo vol'framovo-molibdeneovogo kombinata na ekologicheskuyu obstanovku (pochvenno-rastitel'nyy sloy) prilegayushchikh territoriy Priel'brus'ya (Kabardino-Balkarskaya respublika, Rossiya) // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2013, № 5, S. 405-416.
5. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy v Kabardino-Balkarskoy respublike v 2000 godu. Nal'chik. 2001, 117s.
6. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey prirodnoy sredy v Kabardino-Balkarskoy respublike v 2002 godu. Nal'chik. 2003, 257s.
7. Gurbanov A.G., Bogatikov O.A., Karamurzov B.S. 2, Gazeev V.M., Vinokurov S.F., Leksin A.B., Shevchenko A.V., Dolov S.M., Dudarov Z.I., Bogotov N.Kh., Lolaev A.B., Oganessian A.Kh., Dzeboev S. O., Kozinkin A.V., Kozakov A.T., Tsukanova L.E. Problemy utilizatsii promyshlennykh otkhodov Tyrnyauzskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata (Kabardino-Balkarskaya respublika) v svete novykh dannykh. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN. g. Nal'chik, № 1 (63), 2015 g., S. 82-90
8. Vagin V.S., Golik V.I. Problemy ispol'zovaniya prirodnnykh resursov Yuzhnogo Federal'nogo okruga. Vladikavkaz: Proekt-Press, 2005, 192 s.
9. Vinokurov S.F. Termogidrometallurgicheskiy sposob kompleksnoy pererabotki mednogo kontsentrata s izvlecheniem tsvetnykh i blagorodnykh metallov // Patent na izobretenie. M.: 2005, Byull. № 18.
10. Elokhin V.A. Molibdenovorudnye i molibdensoderzhashchie formatsii Urala. Avtoref. dis. d-ra geol.-mineral. nauk. Tomsk: Natsional'nyy issledovatel'skiy Tomskiy politekhnicheskiiy universitet, 2010, 49 s.
11. Predel'no-dopustimyye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochvakh i dopustimyye urovni ikh sodержaniya po pokazatelyam vrednosti (po sostoyaniyu na 01.01.1991) // Goskompriroda SSSR, № 02-2333 ot 10.12.1990 g.
12. Reutova N.V., Dreeva F.R., Reutova T.V., Shevchenko A.A. Issledovanie genotoksicheskogo vliyaniya khvostokhranilishch gorno-obogatitel'nogo kombinata. Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN, g. Nal'chik, № 1 (63), 2015 g., S. 112-116.
13. Smirnova O.K., Sarapulova A.E., Tsyrenova A.A. Osobennosti nakhozheniya tyazhelykh metallov v geotekhnogennykh landshaftakh Dzhidinskogo vol'framo-molibdenovogo kombinata // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2010, № 4, S. 319-327.
14. Trubetskoy K.N., Galchenko Yu.P., Grekhnev N.I., Krupskaya L.T., Ionkin K.V. Osnovnyye napravleniya resheniya ekologicheskikh problem mineral'no-syr'yevogo kompleksa v Dal'nevostochnom regione // Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2009, № 6, S. 483-489.
15. Trubetskoy K.N., Chanturiya V.A., Kaplunov D.R., Ryl'nikova M.V. Kompleksnoe osvoenie mestorozhdeniy i glubokaya pererabotka mineral'nogo syr'ya. M.: Nauka, 2010, 437 s.
16. Chanturiya V.A. Progressivnyye tekhnologii obogashcheniya rud kompleksnykh mestorozhdeniy blagorodnykh metallov // Geologiya rudnykh mestorozhdeniy, 2003, T. 45, № 4, S. 321-328.
17. Chanturiya V.A., Trubetskoy K.N., Viktorov S.D., Bunin I.Zh. Nanochastitsy v protsessakh razrusheniya i vskrytiya geomaterialov - M., Nauka: 2006, 216 s.

