

Научная работа
УДК 622:664.768
DOI 10.46698/x3734-4389-1275-k

Проблемы комплексного использования отходов на Тырныаузском вольфрамо-молибденовом комбинате

Петр Абрамович Кузьминов

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, профессор кафедры истории России и кавказоведения, доктор исторических наук, petrakis_hist@bk.ru

Расул Салихович Гуртуев

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, инженер-исследователь Управления научных исследований и инновационной деятельности, кандидат исторических наук, rasul.gurtuev@mail.ru

Инал Расулович Махов

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова, ассистент кафедры организации работы с молодежью, аналитик Центра поддержки студенческих объединений, молодежных программ и проектов, лаборант-исследователь Управления научных исследований и инновационной деятельности; КБГУ, аспирант 2-го года обучения по направлению «отечественная история», makhov.inal@bk.ru

Аннотация. В статье рассматриваются технико-экономические аспекты комплексного использования сырья и переработки промышленных отходов на Тырныаузском вольфрамо-молибденовом комбинате в критический период его деятельности – 1990–2000-х годов. Анализируется минеральный состав промышленных отходов, накопленных за период функционирования предприятия, и оценивается экономическая эффективность их переработки как вторичного минерального сырья. Исследуются технологические решения для извлечения ценных компонентов из хвостов обогащения, а также экологические аспекты утилизации техногенных месторождений. Показано, что комплексная переработка отходов ТВМК может обеспечить значительный экономический эффект при одновременном решении экологических проблем региона.

Ключевые слова: Тырныаузский комбинат, вольфрам, молибден, промышленные отходы, вторичные минеральные ресурсы, комплексная переработка, экономическая эффективность, техногенные месторождения

Для цитирования: Кузьминов П.А., Гуртуев Р.С., Махов И.Р. Проблемы комплексного использования отходов на Тырныаузском вольфрамо-молибденовом комбинате // Вестник Владикавказского научного центра РАН. 2025. Т. 25. № 4. С. 116–119. DOI 10.46698/x3734-4389-1275-k

Integrated waste management challenges at Tyrnyauz Tungsten Molybdenum Plant

Petr A. Kuzminov

H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University, Dr., Department of Russian History and Caucasian Studies, Professor; petrakis_hist@bk.ru

Rasul S. Gurtuev

H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University, PhD, Research Engineer of the Department of Scientific Research and Innovation, rasul.gurtuev@mail.ru

Inal R. Makhov

H.M. Berbekov Kabardino-Balkarian State University, Department of organization of work with youth, assistant analyst of the Center for Support of Student Associations, Youth Programs and Projects, laboratory assistant-researcher of the Department of Scientific Research and Innovation; KBSU, graduate student of the 2nd year in the direction of "domestic history", makhov.inal@bk.ru

Abstract. This article examines the technical and economic aspects of the integrated use of raw materials and recycling of industrial waste at the Tyrnyauz Tungsten and Molybdenum Plant during the critical period of the 1990s and 2000s. The mineral composition of industrial waste accumulated during the plant's operation is analyzed, and the economic efficiency of recycling it as secondary mineral raw materials is assessed. Technological solutions for extracting valuable components from tailings are explored, as well as the environmental aspects of recycling man-made deposits. It is demonstrated that integrated recycling of TMK waste can provide significant economic benefits while simultaneously addressing the region's environmental challenges.

Keywords: Tyrnyauz Plant, tungsten, molybdenum, industrial waste, secondary mineral resources, complex processing, economic efficiency, man-made deposits

For citation: Kuzminov P.A., Gurtuev R.S., Makhov I.R. Integrated waste management challenges at Tyrnyauz Tungsten Molybdenum Plant // Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of RAS. 2025. Vol. 25. No. 4. P. 116–119. DOI 10.46698/x3734-4389-1275-k

ВВЕДЕНИЕ

Проблема рационального использования минеральных ресурсов и переработки промышленных отходов приобрела особую актуальность в период трансформации российской экономики в 1990–2000-е годы. Тырныаузский вольфрамо-молибденовый комбинат, являвшийся одним из крупнейших предприятий цветной металлургии СССР, в этот период столкнулся с необходимостью пересмотра подходов к использованию сырьевых ресурсов в условиях рыночной экономики [1, 10]. Комплексное месторождение в районе г. Тырныауза, открытое в 1934 году, характеризуется сложным минералогическим составом руд, содержащих не только основные компоненты – вольфрам и молибден, но и широкий спектр сопутствующих элементов: медь, свинец, цинк, висмут, золото, серебро, а также редкие и рассеянные элементы.

В период расцвета комбината в 1975–1985 гг. здесь добывалось около 6,8 млн тонн руды в год с содержанием вольфрама 0,152 % и молибдена 0,031 %. Комплексная схема обогащения позволяла получать концентраты основных металлов с извлечением вольфрама и молибдена на уровне 60–70 % и 30 % соответственно, а также попутно извлекать медь, висмут и золото [2, с. 214–215]. Однако технология была ориентирована на плановую экономику с гарантированным сбытом всей продукции, не учитывала рыночные факторы эффективности производства [3, с. 39].

За период работы комбината с 1940 по 2000 год на его территории накопилось значительное количество промышленных отходов, представляющих собой хвосты обогащения, которые в новых экономических условиях стали рассматриваться как потенциальный источник вторичного минерального сырья. Общий объем накопленных отходов составил свыше 250 млн м³, что делает их одним из крупнейших техногенных месторождений России [2, с. 215].

ИСТОРИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТВМК В 1990–2000-е ГОДЫ

Переход России к рыночной экономике в начале 1990-х годов кардинально изменил условия функционирования Тырныаузского комбината. Если в советский период предприятие работало в рамках централизованной системы планирования с гарантированным государственным оборонным заказом, то в новых условиях возникла необходимость обеспечения экономической эффективности всех технологических операций. Особенно остро встал вопрос о целесообразности комплексной переработки сложных по составу руд, поскольку извлечение сопутствующих компонентов требовало дополнительных затрат, которые не всегда окупались в условиях нестабильного рынка цветных металлов [1, с. 10].

В 1990-е годы произошло резкое сокращение производства на комбинате. Если в 1989 году предприятие добывало до 10 млн тонн руды, то к 1992 году этот показатель снизился более чем в два раза. Основными причинами спада стали сокращение государственных заказов, падение мировых цен на вольфрам и молибден, а также высокие эксплуатационные затраты, связанные с горно-геологическими

условиями месторождения. К 1996 году добыча руды практически прекратилась, а с октября 2001 года комбинат полностью остановил производственную деятельность [2].

Кризис предприятия имел катастрофические последствия для города Тырныауза, являвшегося типичным моногородом. Массовая безработица привела к оттоку населения, социальная инфраструктура пришла в упадок, а экологические проблемы, связанные с накопленными промышленными отходами, обострились. В этих условиях вопрос рационального использования техногенных ресурсов приобрел не только экономическое, но и социально-экологическое значение.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ТВМК КАК ОБЪЕКТА КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

За период функционирования Тырныаузского комбината на его территории было накоплено около 250 млн м³ промышленных отходов, размещенных в трех хвостохранилищах. Кроме того, значительные объемы отходов размещены в промежуточных накопителях и отвалах вскрышных пород общим объемом более 26 млн м³ [2, с. 215].

Хвостохранилища создавались поэтапно по мере развития производства. Первое хвостохранилище эксплуатировалось с 1959 по 1967 год, второе – с 1967 года до закрытия комбината. Такая длительность эксплуатации привела к значительной неоднородности отходов по составу и свойствам, что необходимо учитывать при разработке технологий их переработки.

Детальные минералогические исследования показали, что промышленные отходы ТВМК характеризуются сложным составом, отражающим особенности первичных руд месторождения. Основную массу составляют силикатные минералы: кварц (25–40 %), полевые шпаты (15–25 %), слюды (10–15 %), хлориты (5–10 %). Рудные минералы представлены молибденитом, шеелитом, вольфрамитом, пирротинитом, пиритом, арсенопиритом, галенитом, сфалеритом, халькопиритом.

Химический анализ отходов выявил высокие концентрации ценных компонентов. Среднее содержание молибдена составляет 111 г/т, вольфрама – 375 г/т, что превышает промышленные кондиции для первичных руд многих месторождений. Содержание других металлов также значительно: свинец – 22 г/т, цинк – 241 г/т, медь – 37 г/т, никель – 28 г/т, кобальт – 11 г/т. Особый интерес представляют редкие и рассеянные элементы: стронций – 141 г/т, барий – 153 г/т, мышьяк – 73 г/т [2, с. 215].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ТВМК

Исследования возможности применения флотационных методов для извлечения ценных компонентов из отходов ТВМК показали их высокую эффективность. Специфика флотационного обогащения отходов заключается в необходимости учета длительного воздействия атмосферных факторов на поверхностные свойства минералов. За десятилетия хранения произошло частичное окисление сульфид-

ных минералов, что потребовало корректировки традиционных флотационных режимов.

Для извлечения молибдена ученые предложили схему, основанную на применении керосина в качестве собирателя и основной массы как вспенивателя. Оптимальные условия флотации достигаются при pH среды 8–9, что обеспечивает селективное извлечение молибденита. Извлечение молибдена в концентрат составляет 78–82 % при содержании в концентрате 12–15 % [7, с. 327].

Для вольфрамосодержащих минералов применяется комбинированная схема, включающая предварительную гравитационную сепарацию с последующей флотационной доводкой. Гравитационное обогащение на концентрационных столах позволяет выделить основную массу шеелита и вольфрамитов, а флотация обеспечивает доводку полученных продуктов до кондиционных концентратов. Суммарное извлечение вольфрама достигает 65–70 % [8, с. 194].

Комплексность состава отходов ТВМК делает перспективным применение гидрометаллургических методов переработки, особенно для извлечения редких и рассеянных элементов, которые трудно концентрируются флотационными методами. Разработана технологическая схема кислотного выщелачивания, включающая несколько стадий с различными условиями процесса [9, с. 40].

Первая стадия предусматривает обработку материала 5–10 % раствором соляной кислоты при температуре 550 °C в течение 2–3 часов. Такие условия обеспечивают растворение карбонатных и частично окисленных минералов с извлечением цинка, меди, кадмия, частично свинца. Степень извлечения цинка достигает 85–90 %, меди – 70–75 %.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ

Накопленные за десятилетия промышленные отходы ТВМК оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду района Приэльбрусья. Длительное хранение отходов в открытых хвостохранилищах без соответствующих защитных мероприятий привело к формированию обширных ореолов загрязнения почвенно-растительного покрова, поверхностных и подземных вод [2, с. 216].

Наиболее серьезной проблемой является загрязнение водных объектов. По состоянию на 2014 год установлено сильное загрязнение реки Баксан, являющейся основным водотоком региона, широким спектром токсичных элементов. Содержание вольфрама в воде превышает ПДК в 1 000–1 500 раз, молибдена – в 50–100 раз, цинка – в 20–30 раз. Особую опасность представляют мышьяк, содержание которого превышает ПДК в 15–25 раз, и тяжелые металлы – свинец, кадмий, ртуть [2, с. 217].

Исследования состояния почвенно-растительного покрова в зоне воздействия отходов ТВМК выявили его значительную деградацию. В почвах на расстоянии до 5 км от хвостохранилищ содержание тяжелых металлов превышает фоновые значения в 5–50 раз. Наиболее высокие концентрации отмечены для молибдена, вольфрама, свинца, цинка, что связано с их высокой подвижностью в условиях горного климата [9, с. 37].

Длительное хранение отходов в условиях пере-

менного климата привело к интенсивному протеканию процессов физико-химического выветривания с образованием новых, более подвижных соединений. Основными процессами являются окисление сульфидных минералов с образованием сульфатов, растворение карбонатных минералов и гидратация алюмосиликатов. Эти процессы сопровождаются изменением кислотно-щелочных условий среды и повышением подвижности многих токсичных элементов [9, с. 41].

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МОЛИБДЕНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В период 1990–2000-х годов молибденовая промышленность России испытывала серьезные трудности, связанные с общим кризисом российской экономики и резким сокращением внутреннего потребления молибдена. Производство молибдена в России сократилось с 7,1 тыс. тонн в 1990 году до 2,8 тыс. тонн в 2000 году. Основными проблемами отрасли стали устаревшие технологии, высокие производственные затраты, неконкурентоспособность на мировом рынке [6, с. 73].

В период 2005–2020 годов наметились тенденции к восстановлению отрасли, связанные с ростом мирового потребления молибдена и повышением его цен. Однако восстановление происходило в основном за счет модернизации действующих предприятий, а не создания новых производств. В этих условиях переработка отходов ТВМК могла бы внести заметный вклад в увеличение производства молибдена в России.

Анализ мирового рынка молибдена показывает устойчивый рост потребления этого металла, особенно в развивающихся странах. Основными потребителями являются металлургия (80–85 % общего потребления), химическая промышленность (10–12 %) и машиностроение (3–5 %). Растущий спрос на высококачественные стали и сплавы обеспечивает стабильный рынок для молибденовой продукции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексное исследование технико-экономических аспектов переработки промышленных отходов Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината показало высокую перспективность их использования в качестве вторичного минерального сырья. Накопленные за период работы предприятия отходы общим объемом около 240 млн м³ содержат значительные количества ценных компонентов: молибдена, вольфрама, цинка, свинца, меди и других металлов в промышленных концентрациях.

Разработанные технологические схемы комбинированной переработки, включающие гравитационные, флотационные и гидрометаллургические методы, обеспечивают высокие показатели извлечения основных металлов: молибдена – 78–82 %, вольфрама – 65–70 %, цинка – 70–75 %, свинца – 80–85 % [2, с. 216].

Важным аспектом является экологическая составляющая проектов переработки. Утилизация промышленных отходов позволит кардинально улучшить экологическую обстановку в регионе Приэль-

брусся, прекратить загрязнение водных ресурсов и восстановить нарушенные земли.

Опыт анализа отходов ТВМК демонстрирует важность комплексного подхода к использованию минеральных ресурсов и необходимость рассмотрения промышленных отходов как потенциального источни-

ка ценного сырья. Это особенно актуально в современных условиях истощения богатых месторождений и ужесточения экологических требований к горнодобывающей промышленности. Реализация подобных проектов может стать важным элементом стратегии устойчивого развития горнорудных регионов России.

Исследование подготовлено в рамках гранта РНФ № 25-28-20355. «История становления и развития горнорудного комплекса в Приэльбрусье (конец XIX – начало XXI вв.): историко-экономические и экологические аспекты»

ЛИТЕРАТУРА

1. Рациональное использование вторичных минеральных ресурсов в условиях экологизации и внедрения наилучших доступных технологий / под ред. Ф.Д. Ларичкина, В.А. Кныша. – Апатиты: Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2019. 252 с.
2. Богатиков О.А., Бортников Н.С., Докучаев А.Я. и др. Техногенные месторождения полезных ископаемых: основные аспекты на современном этапе (на примере Тырныаузского месторождения) / Доклады Академии Наук. 2014. Т. 456. № 2. С. 213–218.
3. Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С. и др. Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского комбината на почвенно-растительный слой Приэльбрусья / Вестник Владикавказского научного центра. 2013. Т. 13. № 2. С. 35–45.
4. Тырныаузский ГОК в Кабардино-Балкарии: возрождение легенды / Глобус: геология и бизнес[сайт]. URL: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/tyrnyauz-vozhrozhdenie-legendarnogo-mestorozhdeniya-12564/>
5. Бортников Н.С., Гурбанов А.Г., Богатиков О.А. и др. Захороненные промышленные отходы Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината: состав, геохимические особенности и их утилизация как решение экологических и социальных проблем на территории Кабардино-Балкарской Республики / Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2013. № 3. С. 323–341.
6. Боярко Г.Ю., Хатков В.Ю. Современное состояние молибденовой промышленности России / Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2021. Т. 332. № 2. С. 73–86.
7. Игнаткина В.А., Бочаров В.А., Хачатрян Л.С., Баатархуу Ж. Флотация порфировых медно-молибденовых руд с использованием различных собирателей и вспенивателей / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 7. С. 321–330.
8. Саматова Л.Д., Шелета Е.Д. Комбинированные технологии переработки бедных, забалансовых вольфрамовых руд и отвалов / Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 187–199.
9. Бортников Н.С., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С. Утилизация хранилищ промышленных отходов обогащательной фабрики Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината – одно из необходимых мероприятий для решения экологических проблем в Приэльбрусье (Кабардино-Балкарская Республика) / Вестник Владикавказского центра РАН. 2014. Т. 14. № 1. С. 35–43.
10. Мирзоева А.Р., Шогенова М.Х. Оценка экономической эффективности комплексного использования сырья / Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 33. С. 51–60.

REFERENCES

1. Racional'noe ispol'zovanie vtorichnykh mineral'nykh resursov v usloviyakh ehkologizatsii i vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy / pod red. F.D. Larichkina, V.A. Knysha. – Apatity: Izd-vo FIC KNC RAN, 2019. 252 s.
2. Bogatikov O.A., Bortnikov N.S., Dokuchaev A.YA. i dr. Tekhnogennyye mestorozhdeniya poleznykh iskopaemykh: osnovnye aspekty na sovremennom ehstage (na primere Tyrnyauzskogo mestorozhdeniya) / Doklady Akademii Nauk. 2014. T. 456. № 2. S. 213–218.
3. Bortnikov N.S., Bogatikov O.A., Karamursov B.S. i dr. Ocenka vozdeystviya zakhoronennykh promyshlennykh otkhodov Tyrnyauzskogo kombinata na pochvenno-rastitel'nyj sloj Priehl'brus'ya / Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra. 2013. T. 13. № 2. S. 35–45.
4. Tyrnyauzskij GOK v Kabardino-Balkarii: vozrozhdenie legendy / Globus: geologiya i biznes[sajt]. URL: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/tyrnyauz-vozhrozhdenie-legendarnogo-mestorozhdeniya-12564/>
5. Bortnikov N.S., Gurbanov A.G., Bogatikov O.A. i dr. Zakhoronennyye promyshlennyye otkhody Tyrnyauzskogo vol'framovo-molibdenovogo kombinata: sostav, geokhimicheskie osobennosti i ikh utilizatsiya kak reshenie ehkologicheskikh i social'nykh problem na territorii Kabardino-Balkarskoj Respubliki / Geoehkologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya. 2013. № 3. S. 323–341.
6. Boyarko G.YU., Khat'kov V.YU. Sovremennoe sostoyanie molibdenovoy promyshlennosti Rossii / Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov. 2021. T. 332. № 2. S. 73–86.
7. Ignatkina V.A., Bocharov V.A., Khachatryan L.S., Baatarhуu ZH. Flotatsiya porfirovykh medno-molibdenovykh rud s ispol'zovaniem razlichnykh sobiratelej i vspenivatelej / Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'. 2007. № 7. S. 321–330.
8. Samatova L.D., Shepeta E.D. Kombinirovannyye tekhnologii pererabotki bednykh, zabalansovykh vol'framovykh rud i otvalov / Gornyy informacionno-analiticheskij byulleten'. 2013. № 4. S. 187–199.
9. Bortnikov N.S., Bogatikov O.A., Karamursov B.S. Utilizatsiya khranilishch promyshlennykh otkhodov obogatitel'noj fabрики Tyrnyauzskogo vol'framovo-molibdenovogo kombinata – odno iz neobkhodimyykh meropriyatij dlya resheniya ehkologicheskikh problem v Priehl'brus'e (Kabardino-Balkarskaya Respublika) / Vestnik Vladikavkazskogo centra RAN. 2014. T. 14. № 1. S. 35–43.
10. Mirzoeva A.R., Shogenova M.KH. Ocenka ehkonomicheskoy ehffektivnosti kompleksnogo ispol'zovaniya syr'ya / Ehkonomicheskij analiz: teoriya i praktika. 2013. № 33. S. 51–60.

