**ПРОБЛЕМА "ХВОСТОХРАНИЛИЩ" ТВМК И ВОЗМОЖНОЕ ИХ ВЛИЯНИЕ
НА БИОГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДЫ И ПОЧВ В ПРИЭЛЬБРУСЬЕ**

**THE PROBLEM WITH TAILING DUMPS OF TYRNYAUZ TUNGSTEN-MOLYBDENUM
MINING AND PROCESSING COMPLEX AND THEIR POTENTIAL EFFECT ON
BIO- AND GEOCHEMICAL CONDITION OF WATER AND SOILS IN ELBRUS REGION**

¹Кокоев М. Н.

¹Kokoev M. N.

¹доктор техн. наук, проф. кафедры "Организации строительного производства
КБГУ им. Х.М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

¹Doctor tech. Sciences, Prof. of the Department of Organization of Construction Production
KBSU named after H.M. Berbekov, Nalchik, Russia

Аннотация. Рассмотрен вопрос об утилизации отходов обогащения руд вольфрама и молибдена Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината, которые складываются в двух "хвостохранилищах" объемом 120 млн. м³. По оценке автора, в отходах обогащения накоплено 7,2 млрд. кВт·ч электроэнергии, затраченной в прежние годы на измельчение руды. Если эти отходы использовать для производства строительных материалов можно сэкономить огромное количество электроэнергии. Ожидание подходящих экономических условий для переработки отходов связано с уносом высокодисперсных частиц ветром и водой из "хвостохранилищ". Это приводит к негативным изменениям в сложившиеся тысячи лет назад биогеохимическое состояние воды и почвы в долине реки Баксан.

Abstract. The issue of recycling tungsten and molybdenum ores from TTMM, which are stored in two waste dumps with a volume of 120 million m³, is discussed. According to the author, 7,2 billion kWh of electric power spent in previous years on ore grinding was accumulated in the processing waste. If that waste is used for the production of building materials, huge amounts of energy can be saved. Waiting for suitable economic conditions for waste recycling results in the dissemination of fine particles by wind and water from the dumps. This leads to negative changes in the biogeochemical state of water and soil in the Baksan river valley, which developed thousands of years ago.

Ключевые слова: вольфрам и молибден, отходы обогащения, строительные материалы, биогеохимическое состояние почв.

Keywords: Tungsten and molybdenum, processing waste, building materials, biogeochemical state of soils.

Специализировавшийся на добыче и обогащении вольфрамомолибденовых руд Тырныаузский комбинат являлся градообразующим предприятием. С развалом Советского Союза постепенно снизились заказы промышленности и ВПК на концентраты вольфрама и молибдена, в несколько раз упало финансирование предприятия. В начале 2000-х комбинат обанкротился. Наконец, в 2018 судьба Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината (ТВМК), видимо, определилась - восстановлением предприятия и разработкой месторождения займется ООО "Эльбрусский горнорудный комбинат", дочернее предприятие крупнейшей компании России - «Ростех».

Разработано технико-экономическое обоснование проекта восстановления ТВМК. Кроме того, выбрана технология, позволяющая рентабельное извлечение полезных ископаемых, а также экологически безопасную закладку отходов обогащения руды [1]. В прошлые времена ТВМК добывал более 6,8 млн. т руды в год и производил 14000 т/год обогащенных материалов для гидрометаллургического передела. Нельзя забывать, что вольфрам и молибден - стратеги-

ческие металлы первой категории, замены которым нет для многих важных сплавов и изделий для машиностроения и ВПК.

В Кабардино-Балкарии периодически возникает вопрос об утилизации отходов обогащения руды ТВМК, которые многие десятилетия складировались в так называемые "хвостохранилища", которое было построено 55 лет назад. Состав "хвостов" комбината - это на 70-80 % известняк, 15-18 % составляют оксиды кремния, кальция, магния, фтористый кальций, а также не полностью извлеченные соединения вольфрама и молибдена. Таким образом, отходы обогащения руды - это ценные, доведенные до нужной степени измельчения, необходимые почти готовые основные компоненты для производства силикатного кирпича или цемента.

Здесь уместно отметить, что в производстве строительных материалов самый энергоемкий процесс, если не считать термическую обработку, это дробление и измельчение минерального сырья. Причем, на измельчение сырья тратится самый дорогой вид энергии - электроэнергия. Обычно для тонкого измельчения сырья применяют шаровые мельницы с электроприводом. В свое время, был предложен более экономичный способ прямого привода большой шаровой мельницы мощностью от 200-300 кВт и выше от небольшой паровой турбины [2]. Режим работы таких мельниц и нагрузка практически постоянные в течение года. При такой схеме привода устраняются значительные потери энергии вследствие двойного преобразования механической работы в электрическую энергию, а потом обратно на пути "генератор - электродвигатель".

За многие годы в двух "хвостохранилищах" ТВМК накопилось около 120 млн. м³ отходов обогащения руды. Основная часть отходов - это измельченный до фракции менее 100-50 мкм материал. По нашим оценкам в тонко измельченных отходах обогатительной фабрики, помещенных в "хвостохранилища", аккумулировано 7,2 млрд. кВт·ч электроэнергии, выработанных электростанциями региона в прежние десятилетия.

Если значительную часть отходов использовать для производства строительных материалов можно сэкономить огромное количество электроэнергии, стоимостью миллиарды рублей. Тем самым будет сделан вклад в охрану окружающей среды не только вследствие использования отходов обогащения руды, но также в уменьшении вредных выбросов в атмосферу за счет экономии большого количества электроэнергии при производстве стройматериалов. До начала 90-х годов в составе комбината работали заводы по производству извести, силикатного кирпича и железобетонных изделий. К сожалению, цех, в котором использовали сырье из "хвостохранилища" для производства силикатного кирпича, за многие годы работы так и не вышел на проектную мощность в 45 млн. штук силикатного кирпича в год.

В значительной степени потенциальная ценность отходов обогатительной фабрики Тырныаузского комбината определяется содержанием в них недоизвлеченных соединений вольфрама и молибдена. В ходе производственной деятельности ТВМК происходило закономерное наращивание объемов добычи руды, а также снижение кондиционного содержания вольфрама и молибдена в рудах. В период 1975-1985 кондиционное содержание целевых металлов в руде снизилось до минимальных уровней: W - до 0,152 мас. % и Mo - до 0,031 мас. %. Извлекаемость W и Mo в то время составляла 60-70 % [3,4]. Поэтому, естественно, в "хвостохранилищах" ТВМК остаточное содержание вольфрама и молибдена в виде сохранившихся минеральных форм молибденита, молибдошеелита и шеелита в среднем составляет около десятой доли до сотых долей процента (больше для W и меньше для Mo).

В настоящее время повысить степень извлечения соединений вольфрама и молибдена из руд при экономически оправданных затратах не удастся по технологическим причинам. Несмотря на то, что цены на эти металлы всегда были высоки - без вольфрама и молибдена невозможно существование многих важных отраслей промышленности. Например, в 2019 году молибден марки M1 (лист) на российском рынке стоил 279000 USD за тонну, а вольфрам марки ВА (лист) стоил 165000 USD за тонну [5]. Таким образом, стоимость одной тонны молибдена сравнима с ценой мощного американского бульдозера марки "Caterpillar", предназначенного для работы с тяжелыми и мерзлыми грунтами IV категории в рудных карьерах.

Кроме того, о ценности месторождений руд W и Mo судят по содержанию в них в небольших, а иногда в промышленных количествах, попутных металлов: Sn, Be, Re, Au, Ag, Cu, Pb, Bi, Zn. Поэтому "хвостохранилища" ТВМК - это промышленные отходы, ценность которых,

по мере истощения освоенных месторождений, со временем будет неизбежно расти. Тем более, технологии переработки отходов обогащения и методы всё более полного извлечения ценных металлов не стоят на месте. Вообще, месторождения вольфрамовых и молибденовых руд, годных для промышленной разработки, в мире достаточно редки. Наиболее крупными запасами вольфрамовых руд обладают Казахстан, Китай, Канада и США, а молибденовых руд больше всего в США, Мексике, Чили, Канаде, Австралии, Норвегии и России.

Большая проблема в том, что хранение этих отходов в долгом ожидании будущих экономических технологий переработки связано с уносом ветром и водой в разной степени токсичных или биологически нейтральных высокодисперсных частиц из "хвостохранилищ" комбината. Тут нужно учитывать химический состав частиц, уносимых ветром и водами из хранилищ отходов. В них присутствуют не только соединения вольфрама и молибдена, но также могут быть другие иногда токсичные элементы. Некоторые вещества присутствуют в уносах только в "следовых" количествах (0,01 % и меньше), другие элементы есть в наличии в количестве десятых долей процента и выше.

Наши расчеты показывают, что скорость оседания, например, частицы молибденита (MoS_2) размером 10 мкм в спокойном воздухе равна 0,014 м/с. Даже очень слабый восходящий поток воздуха днем, когда утром солнце нагревает склоны, может постепенно поднять этот аэрозоль на высоту, например, 300 м. С такой высоты частица будет оседать на землю около 6 часов. За это время при легком ветре 3 м/с, который по вечерам и ночью дует обычно вниз по ущелью, высокодисперсные частицы может унести от Тырнауза вниз по долине на 65-70 км. Конечно, с расстоянием концентрация частиц, выпадающих на почву, уменьшается. Эти закономерности изучены еще в 20 веке при исследовании выпадения аэрозолей при расчетах следов рассеяния из радиоактивных облаков и выбросов из дымовых труб тепловых электростанций. По пути минеральные частицы, выпадая из атмосферы в долине реки Баксан и ее притоков и присутствуя в поверхностных и подземных водах, постепенно загрязняют собой почву, вызывают изменения в сложившееся тысячи лет назад биогеохимическое состояние литосферы и гидросферы.

Вследствие вышеописанных процессов образуется избыток некоторых микроэлементов в почве и воде [6]. Например, избыточное содержание молибдена в щелочных известковых почвах, которые есть в долинах реки Баксан и ее притоков, ведет к накоплению этого элемента растениями, которые могут содержать более 50 мг молибдена на 1 кг сухого вещества. В свою очередь, молибден в теплокровных живых организмах, в том числе и людей, играет важную роль в обменных процессах, входя в состав металло-флавопротеинов: ксантинагидразы и альдегидоксидазы.

Избыточное поступление молибдена в острых случаях вызывает у людей гастроэнтериты или приводит к хроническим молибденовым токсикозам, проявляющимся нарушением обмена меди и фосфора (анемии, остео дистрофии). Кроме отдельных мест на Северном Кавказе, в России известны и другие биогеохимические провинции с высоким природным содержанием молибдена. Например, в Кулундинской степи и на Алтае. Избыток молибдена вызывает обеднение организма медью. Специально отметим, что большой избыток молибдена в почве и воде отрицательно сказывается на здоровье людей, живущих в этой природной или техногенной биогеохимической аномалии. Тиомолибдат аммония (растворимая соль молибдена), является антагонистом меди и нарушает её утилизацию в организме [7]. Может развиваться полиартралгии, артрозы, гипотония, в крови может снизиться концентрация гемоглобина, число эритроцитов и лейкоцитов.

Под влиянием избытка молибдена в организме усиливается образование мочевой кислоты. У людей при этом может появиться эндемическая молибденовая подагра. Например, в Анкаванском районе Армении, где расположено крупное месторождение молибденовых руд, содержащее более 7 % мировых запасов молибдена (Зангезурский медно-молибденовый комбинат), у 31% взрослого населения обнаружены в разной степени симптомы подагры. С другой стороны, недостаток молибдена в организме сопровождается уменьшением содержания в тканях ксантиноксидазы. При недостатке молибдена страдают анаболические процессы, наблюдается ослабление иммунной системы.

Рассматривая отрицательное воздействие некоторых техногенных аэрозолей на воду и почвы долины реки Баксан, следует учитывать биогеохимическое состояние рассматриваемого

района до индустриального периода, то есть до массированного вмешательства в природу техногенных факторов. Такое воздействие во всё возрастающих масштабах на долину реки Баксан началось в 1940 году, когда начал работать ТВМК. Большие реки Баксан, Малка и Кубань берут начало под ледниками Эльбруса. Примерно 250 тысяч лет назад произошел первый прорыв магмы на поверхность древних палеозойских пород. С этого момента началось формирование вулкана Эльбрус [8,9]. То есть, возраст вулкана по геологическим меркам молодой - примерно в 18 тысяч раз меньше, чем возраст Земли. Двухконусный вулкан Эльбрус в настоящее время представляет собой округлую в плане вершину со средним диаметром основания около 18 км. Фундамент вулканической постройки сложен палеозойскими метаморфическими породами и гранитоидами. Вулкан вырос далеко не в один момент. Между периодами извержения были периоды длительного покоя - перерывы между извержениями могли длиться десятки тысяч лет. Согласно опубликованным радиоуглеродным данным [10]<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D1%80%D1%83%D1%81> - cite note-29, полученным по органическому материалу из захороненных почвенных горизонтов, последние извержения Эльбруса имели место всего несколько тысяч лет назад. Можно предположить, что люди бронзового века вполне могли наблюдать извержение Эльбруса.

Каждое продолжительное извержение Эльбруса меняло геохимическую карту почв прилегающего района радиусом 150-200 и более километров. С участием поверхностных и подземных вод образуются обширные и контрастные гидрохимические поля разнообразных веществ, в том числе и токсичных. Резкая недостаточность или избыточность содержания какого-либо химического элемента в среде вызывает в пределах данной биогеохимической провинции биогеохимические эндемии, то есть заболевания растений, животных и человека [11]. Например, биогеохимической эндемии в КБР и других республик Северного Кавказа, связанные с недостатком в почве и воде иода, вследствие чего наблюдается заболевание эндемическим зобом людей.

Медленно меняется эта картина и в наше время - на южном склоне восточной вершины Эльбруса имеются фумарольные поля, а в долине реки Малка известны термальные источники Джилы-Су. Помимо водяного пара, через фумаролы выделяются диоксид углерода, оксиды серы, сероводород, галогеноводороды и различные летучие химические соединения. В зависимости от розы ветров и направления стока поверхностных и подземных вод, горные и предгорные зоны на различных высотах имеют различную биогеохимическую характеристику почв. Наряду с частым недостатком иода и кобальта, тут местами наблюдается избыток молибдена, меди, свинца, цинка, стронция, кальция, селена и других элементов.

Как выше показано, избыток некоторых микроэлементов в почве и воде, независимо от происхождения этого изменения, является гораздо более реальной угрозой для здоровья человека, по сравнению с их дефицитом. С недостатком некоторых жизненно важных микроэлементов для человека в почве и воде научились бороться еще в 20 веке. Труднее избавиться от увеличенного содержания некоторых микроэлементов, в том числе от молибдена. Исследуя биогеохимическую картину почв региона, необходимо учитывать не только современное техногенное влияние на нее уноса высокодисперсных частиц из "хвостохранилищ" ТВМК, но и предысторию образования этой биогеохимической зоны в доиндустриальный период.

Список использованной литературы

1. РБК, Кавказ. 2019. <https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/04/09/2019/5d6fbd7a9a7947873e979ed7> (дата обращения: 12.04.2021). RBK, Kavkaz. 2019. <https://kavkaz.rbc.ru/kavkaz/04/09/2019/5d6fbd7a9a7947873e979ed7> (data obrashcheniya: 12.04.2021). [RBC, Caucasus. 2019.]
2. Кокоев М.Н. Энергообеспечение домола клинкера на заводах ЖБИ // Бетон и железобетон. 1997. № 4. С.18-20.
3. Богатилов О.А., Бортников Н.С., Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Докучаев А.Я., Карамурзов Б.С., Лексин А.Б., Шевченко А.В. Захороненные промышленные отходы Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината: минеральный состав, геохимические особенности и их утилизация как решение экологических и социальных проблем на территории Кабардино-Балкарской республики // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2013, №4, с. 323-341.

4. Бортников Н.С., Гурбанов А.Г., Богатиков О.А., Карамурзов Б.С., Докучаев А.Я., Лексин А.Б., Газеев В.М., Шевченко А.В. Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамомолибденового комбината на экологическую обстановку (почвенно-растительный слой) прилегающих территорий Приэльбрусья (Кабардино-Балкарская республика, Россия) // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология. 2013. № 5. с. 405-416.
5. Цены российского рынка на цветные и черные металлы - <http://www.infogeo.ru/metalls/info> (дата обращения: 12.04.2021).
6. Биосфера и ее ресурсы / Под ред. В. А. Ковды. Москва. 1971. 90 с.
7. Pitt M.A. Molybdenum toxicity, interactions between copper, molybdenum and sulphate, Agents a. Actions. 1976. v. 6, p. 758.
8. Масуренков Ю.П. Кайнозойский вулканизм Эльбрусской вулканической области. М.: Изд. АН СССР. 1961. 85 с.
9. Лебедев В.А., Чернышев И.В., Чугаев А.В., Гольцман Ю.В., Баирова Э.Д. Геохронология извержений и источники вещества материнских магм вулкана Эльбрус (Большой Кавказ): результаты К-Ag и Sr-Nd-Pb изотопных исследований // Геохимия. 2010. № 1. С. 45-73.
10. Богатиков О.А., Мелекесцев И.В., Гурбанов А.Г. и др. Радиоуглеродное датирование голоценовых извержений вулкана Эльбрус (Северный Кавказ, Россия) // Доклады РАН. 1998. Т. 363, № 2. С. 219-221.
11. Виноградов А.П. Биогеохимические провинции и их роль в органической эволюции // Геохимия. 1963, № 3. С. 12-18.

DOI: 10.34708/GSTOU.CONF..2021.14.59.029
УДК 699.841

К РАСЧЕТУ ОПТИМАЛЬНОЙ СТЕПЕНИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЗДАНИЯ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

TO CALCULATION OF THE OPTIMAL DEGREE OF DAMAGE TO A BUILDING BY SEISMIC IMPACT

¹Абакаров А.Д., ²Курбанов И.Б., ³Гасанов Р.Г.
¹Abakarov A.D., ²Kurbanov I.B., ³Gasarov R.G.

¹Доктор технических наук, профессор кафедры «Архитектура» ДГТУ, г. Махачкала, Россия

²Генеральный директор ООО «Жилстройинвест», г. Махачкала, Россия

³Старший преподаватель кафедры «Архитектура» ДГТУ, г. Махачкала, Россия

¹Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Architecture, DSTU,
Makhachkala, Russia

²General Director of Zhilstroyinvest LLC, Makhachkala, Russia

³Senior lecturer of the Department of Architecture, DSTU, Makhachkala, Russia

Аннотация. Дана постановка задачи по расчету оптимальной степени повреждения здания при сейсмическом воздействии. Условие оптимизационного расчета записано в виде вероятностно-экономической целевой функции, где начальные затраты на антисейсмическое усиление здания уравниваются с вероятностями потерями, связанными с наступлением той или иной степени повреждения здания. Вероятность безотказности здания, соответствующая данному уравновешенному состоянию, названа оптимальной надежностью, а степень повреждения – оптимальной степенью повреждения. Всего в соответствии со шкалой MSK-64 рассмотрены 5 степеней повреждения. Последовательности переходов из одних состояний повреждения в другие представлены в виде простейшего Марковского потока с непрерывным временем и дискретными состояниями. Составлены дифференциальные уравнения процесса переходов и представлены их общие решения. В случае если последствия наступления