

ИНЕРТНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СТОКОВ ТЫРНЫАУЗСКОГО ВОЛЬФРАМО-МОЛИБДЕНОВОГО КОМБИНАТА НА ГИДРОСИСТЕМЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Н.Г. Валиев¹, В.И. Голик², М.С. Лебзин¹

¹ Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

² Московский политехнический университет, Москва, Россия, e-mail: v.i.golik@mail.ru

Аннотация: К числу наиболее опасных загрязнителей относятся растворы тяжелых металлов, которые влияют на окружающую среду даже после прекращения добычных работ. В условиях Кавказа негативное воздействие мутагенов усиливается климатическими и орографическими особенностями. Угрозу для экологии представляют стоки хранилищ промышленных отходов. Если от природных загрязнений реки самоочищаются и восстанавливаются, с техногенным загрязнением природа не справляется. Механизм влияния тяжелых металлов рассматривается на примере реки Баксан Кабардино-Балкарии, которая принимает стоки предприятий, занимающихся добычей и обогащением вольфрам-молибденовой руды. Несмотря на прекращение горных работ, загрязнение реки продолжается за счет разрушения хвостохранилищ и эрозийных процессов, подчиняясь тем же временным и климатическим закономерностям, что и при деятельности предприятий. На участках истечения промышленных стоков рудника «Молибден» и его хвостохранилища концентрация меди превышает 50 норм предельно допустимых концентраций. Хвосты обогащения в хранилище не поступают более 20 лет, а в водах реки концентрация молибдена превышает предельно допустимые концентрации до 16 раз. Приоритетное влияние хвостохранилищ на загрязнение вод р. Баксан подтверждается результатами исследований. Не полное извлечение металлов из руд является причиной деградации флоры и фауны и заболеваний населения. Утилизация техногенных запасов хвостов связана с проблемой извлечения из них металлов, которая серьезно не решалась, учитывая стратегическую важность добываемых металлов. Реальное снижение негативного влияния техногенных загрязнителей возможно при использовании технологий с выщелачиванием, как в подземных выработках, так и комбинированным механохимическим воздействием на минералы в активаторах.

Ключевые слова: загрязнители, тяжелые металлы, промышленные стоки, хвосты переработки, выщелачивание, гидросистемы, хвостохранилища.

Для цитирования: Валиев Н. Г., Голик В. И., Лебзин М. С. Инертность влияния стоков Тырныаузского вольфрам-молибденового комбината на гидросистемы Северного Кавказа // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2025. – № 1-1. – С. 5–16. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_5.

Inertness of influence exerted by effluents of Tyrnyauz Tungsten–Molybdenum Plant on hydrological systems of the North Caucasus

N.G. Valiev¹, V.I. Golik², M.S. Lebzin¹

¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

² Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia, e-mail: v.i.golik@mail.ru

Abstract: The most dangerous pollutants include solutions of heavy metals, which affect the habitat of living matter even after the cessation of mining operations. In the Caucasus, the negative impact of mutagens is enhanced by climatic and orographic features. Industrial waste storage facilities pose a threat to the environment. While rivers self-purify and recover from natural pollution, nature cannot cope with man-made pollution. The mechanism of the influence of heavy metals is considered using the example of the Baksan River in Kabardino-Balkaria, which receives wastewater from enterprises engaged in the extraction and enrichment of tungsten-molybdenum ore. Despite the cessation of mining operations, the river continues to be polluted due to the destruction of tailings and erosion processes, obeying the same time and climatic patterns as during the operation of enterprises. In the areas where industrial wastewater flows from the Molybdenum mine and its tailings storage facility, the copper concentration exceeds 50 maximum permissible concentration standards. The tailings of the enrichment do not enter the storage facility for more than 20 years, and the concentration of molybdenum in the river waters exceeds the maximum permissible concentrations by up to 16 times. The priority impact of tailings storage facilities on the pollution of the Baksan River waters is confirmed by the results of studies. Incomplete extraction of metals from ores is the cause of degradation of flora and fauna and diseases of the population. The utilization of technogenic tailings is associated with the problem of extracting metals from them, which has not been seriously addressed, given the strategic importance of the mined metals. A real reduction in the negative impact of technogenic pollutants is possible using technologies with leaching, both in underground workings, and combined mechanochemical effects on minerals in activators.

Key words: pollutants, heavy metals, industrial effluents, processing tailings, leaching, hydraulic systems, tailings storage facilities..

For citation: Valiev N. G., Golik V. I., Lebzin M. S. Inertness of influence exerted by effluents of Tyrnyauz Tungsten–Molybdenum Plant on hydrological systems of the North Caucasus. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2025;(1-1):5-16. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_11_0_5.

Введение

Обеспечение запросов увеличивающегося населения Земли требует развития промышленности, которая загрязняет окружающую среду. К числу наиболее опасных загрязнителей относятся растворы тяжелых металлов, что объясняется многообразием источников их поступления в среду обитания живого вещества, мобильностью и стойкостью.

Особенностью воздействия тяжелых металлов на человека является индукция оксидативного стресса. Продуцируемые металлами свободные радикалы нарушают внутриклеточные сигнальные пути, что провоцирует катастрофические для живого организма явления. В условиях Республик Российского Кавказа климатические и орографические особенности усиливают негативное воздействие

мутагенов по сравнению с равнинными условиями.

Основную опасность здоровью населения горных регионов Кавказа представляют предприятия горнодобывающей отрасли, их хвостохранилища и отвалы, чьи жидкие стоки являются мутагенными. Содержания токсичных загрязняющих веществ в реках Северного Кавказа приведены в исследованиях [1–2]. Генотоксическое влияние хвостохранилищ горнодобывающих предприятий и исследования воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамово-молибденового комбината на экологическую обстановку региона приведены в статьях [3–5]. В исследованиях [6–9] приведены модели медико-биологических и медико-экологических процессов, методика оценки воздействия хвостохранилищ и других техногенных объектов на окружающую природную среду, а также закономерности управления процессами охраны окружающей среды. Принципы и пути миграции химических элементов в ландшафтах Северного Кавказа в общем виде сформулированы и обозначены работами ряда исследователей [10–13]. Методология доказательства вреда здоровью населения при воздействии вредных факторов и ранжирование профессиональных рисков для здоровья работников горнодобывающих предприятий полиметаллических руд разработана в трудах [14–16]. Технологически процессы извлечения металлов из отходов горнодобывающих предприятий и условия их реализации рекомендованы работами российских и зарубежных специалистов [17–20].

Цель статьи заключается в определении инертности влияния продуктов добычи и переработки руд на состояние природной гидросистемы горнодобывающего региона Кабардино-Балкарской Республики для обоснования использования технологий выщелачивания руд в

подземных выработках и хвостов переработки в активаторах с комбинированным механохимическим воздействием.

Методы

Теория воздействий факторов среды и подходы к оценке здоровья населения опираются на феномен обусловленности заболеваний человека.

Для получения информации о влиянии генотоксического фактора на живое вещество осуществляется с помощью метода оценки качества экосистем окружающей среды путем исследования проб, в том числе воды. Результатами исследования в местных условиях дополняются и уточняются данные по объектам, находящимся в аналогичных условиях.

В статье реализован подход к оценке качества окружающей среды при влиянии на нее загрязнений в зоне транспортирующих систем — рек Баксан и Терек. Оценка влияния растворов тяжелых металлов в гидросистемах на экосистемы производится по результатам обследования окрестностей горных предприятий, как функция их близости к источнику загрязнения. Отбор проб для оценки содержания тяжелых металлов в водах проводился в периоды пиков гидрологического режима в 10 створах, расположенных через 20–30 км. Полученные данные исследования синтезировались, интегрировались и закладывались в основу разработки причинно-следственных связей в системе «горное производство — окружающая среда — здоровье человека». Сверхзадачей исследования является определение инертности влияния негативных факторов после прекращения добычи и переработки на горных предприятиях вольфрамово-молибденового комбината.

В исследовании концентрации тяжелых металлов сравнивали с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для нормативов качества воды водных

объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

Результаты

На Северном Кавказе расположены хранилища производственных отходов от обогатительных фабрик различных рудодобывающих комбинатов, содержащие опасные металлы. К ним относятся: Тырнаузское (W, Mo, Sb, Bi), Садонское (Pb, Zn, Cd, Ag), Урупское (Cu, As, Pb, Zn) и Лермонтовское (U, V) хранилища (рис. 1). Эти отходы представляют собой серьезную угрозу для окружающей среды, поскольку потенциально могут загрязнять водные источники, почву и деградировать местные экосистемы.

Горные регионы Северного Кавказа опережают среднероссийские уровни по заболеваемости, связанным с тяжелыми металлами. Например, река Терек интенсивно обогащается сбросами горных предприятий Северной Осетии и Кабардино-Балкарской Республики. Загрязненные воды реки Терек впадают в Каспийское море, морепродуктами которого пользуются жители Российской Федерации и зарубежья.

Водные объекты центральной части Северного Кавказа питаются как подземными и грунтовыми водами, так и ледниковыми, их химический состав подвержен сезонным колебаниям и зависит от состояния территории водосбора. Горные реки являются транспортерами загрязняющих веществ, формирующихся в результате как природных явлений, так и антропогенной деятельности. В последнее время потепление климата интенсифицирует таяние ледников и нарушает гидрологический режим рек, что изменяет гидрохимический состав вод. Загрязнение природной среды происходит при накоплении неблагоприятных для живых организмов веществ, преимущественно техногенного происхождения, потому что от природных загрязнений реки самоочищаются и восстанавливаются, благодаря емкости биохимических барьеров.

С техногенным загрязнением природа не всегда может справиться, поэтому вопросы охраны водных объектов от загрязнения актуализируются. Влияние тяжелых металлов на окружающую среду иллюстрируется на примере реки Баксан, протекающей в Баксанском ущелье Кабардино-Балкарии. Река берет свое начало от ледников горы Эльбрус и на



Рис. 1. Хранилища хвостов обогатения руд
Fig. 1. Storage of ore dressing tailings

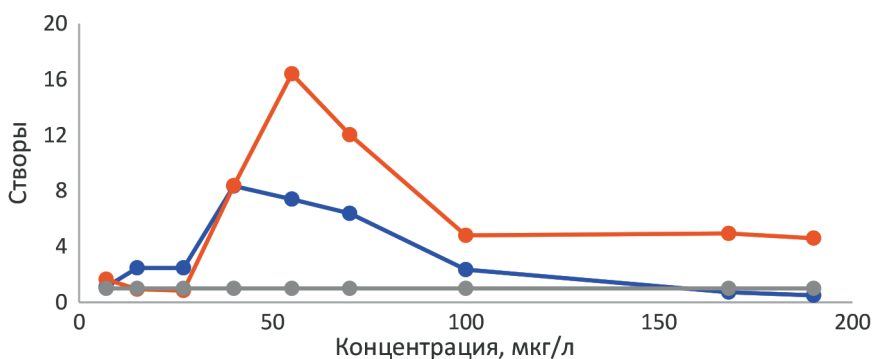


Рис. 2. Динамика концентрации молибдена в зависимости от времени года

Fig. 2. Dynamics of molybdenum concentration depending on the time of year

высоте более 3000 м, получает воду от 15 притоков, среди которых выделяют такие значительные реки, как Чегем и Черек. Таяние ледников в сочетании с атмосферными осадками обогащает реку моренными отложениями. В долине р. Баксан, протяженностью 170 км, расположены населенные пункты, включая города Тырнауз, Баксан и Прохладный.

В зимний период рН вод Баксана колеблется в диапазоне от 7,6 до 8,2, тогда как летом его значения находятся в пределах 8,0–8,1. Концентрации тяжелых металлов варьируются в зависимости от метеорологических условий.

На участке от впадения р. Тютюсу (40 км) до п. Бедык (70 км) расположен г. Тырнауз и предприятия комбината, занимающиеся добычей и обогащением вольфрамово-молибденовой руды.

Первые хвостохранилища расположены вдоль реки, на расстоянии 2 км ниже города, представляют собой насыпь высотой до 20 м со склонами, имеющими уклон от 30 до 60°. На 55-м километре реки размещено второе главное хвостохранилище, которое оснащено прудом-отстойником площадью 70 га и протяженностью до 2 км. Его объем составляет 220 млн м³, и он ограничен земляной плотиной высотой 110 м. Оба хранилища, наряду с отвальными поро-

дами вблизи рудника «Молибден», представляют собой источники загрязнения окружающей природной среды токсичными элементами. Несмотря на прекращение горных работ, разрушение хвостохранилищ и процессы эрозии продолжают усугублять загрязнение р. Баксан.

Главными металлами в водах р. Баксана выступают следующие элементы: Cr, Ni, Mo, Zn, Pb и Cu. Анализ данных многолетних исследований показывает, что в летний период концентрация тяжелых металлов в 4–15 раз выше, чем зимой, она достигает ПДК по Ni и Cr и превышает ПДК по Mo, Pb, Zn, Cu [21].

На рис. 2 показана динамика содержания молибдена: верхний график – летний период, средний – зимний, нижний – фоновое значение.

Зимой Cr и Ni обнаруживается на уровне «следов» при максимальном значении 1,15 мкг/л, а в летний период его максимальная концентрация 16,4 мкг/л (0,8 ПДК), фиксировалась в верхнем течении реки (п. Чегет), и к устью составляла 0,5 ПДК.

Наличие Zn зимой фиксировалось на уровне порогового определения 1,5 мкг/л, а в летний период при ледниковом паводке концентрация возрастала в 2–4 раза. Участок хвостохранилища на 55 км р. Баксан отличается повышенной концентрацией (до 1,2 ПДК).

Максимальное значение 37,7 мкг/л (3,8 ПДК) достигается после впадения рек Чегем и Черек, что свидетельствует о содержании Zn в породных массивах к востоку от р. Баксан.

Концентрация Pb в зимний период и в основном русле, и в притоках составляла 0,3–1,0 мкг/л, а в летний период находилась в диапазоне 2,0–7,5 мкг/л. При выходе р. Баксан в предгорье и вливании в притоки Чегем и Черек максимальная концентрация составляла 11,3 мкг/л (1,9 ПДК), в то время как в р. Терек концентрация увеличивалась до 57 мкг/л (9,5 ПДК).

ПДК по меди в р. Баксан была превышена в 20–30 раз. На участках истечения промышленных стоков рудника «Молибден» и хвостохранилища ТГОК концентрация меди превышала 50 ПДК.

Зимой концентрация Mo составляла 0,2–1,0 мкг/л, в отличие от рек Центрального Кавказа, где он не обнаруживается.

Во время летних паводков концентрация Mo увеличивалась в 5–15 раз по сравнению с зимой. В водах больших притоков р. Баксан, таких как Адылсу, Адырсу, Кыртык, концентрация Mo не более 0,8 мкг/л и сравнима с концентрацией в водах Баксана.

Обсуждение результатов

В связи с эпизодическим сбросом вод из пруда-отстойника наблюдается существенное превышение ПДК по молибдену, начиная от впадения р. Тютюсу в р. Баксан до слияния с р. Чегем. В результате стабильного стока дренажных вод с хвостохранилища на 55 км р. Баксан происходит постоянное загрязнение природных вод (табл. 1).

Более 20 лет не было свежих поступлений рудных компонентов в хвостохранилище, но в водах р. Баксан наблюдается концентрация молибдена, которая превышает ПДК на этом участке в

Концентрация металлов в пиковые фазы гидрологического режима (мкг/л)
Concentration of metals in peak phases of the hydrological regime (mcg/l)

Уча- сток реки	Металлы	C _{min}		C _{max}		C _{сред.}		v	
		зима	лето	зима	лето	зима	лето	зима	лето
40 км	хром	0,2	0,95	0,8	5,98	0,45	2,96	0,57	0,71
	никель	0,45	0,72	1,06	3,22	0,82	1,55	0,33	0,58
	молибден	0,47	0,91	8,35	8,37	2,77	4,03	1,35	0,7
	свинец	0,27	0,2	0,49	3,62	0,38	1,12	0,28	1,17
	цинк	1,5	1,5	2,51	11,76	1,75	4,89	0,29	0,79
55 км	хром	0,2	0,74	0,47	4,2	0,29	1,83	0,54	0,77
	никель	0,9	0,7	0,97	1,91	0,56	1,28	0,69	0,39
	молибден	2,5	0,92	7,40	16,4	2,89	5,71	0,14	1,23
	свинец	0,2	0,33	0,53	1,93	0,37	0,96	0,64	0,68
	цинк	1,5	1,5	1,5	8,13	1,5	4,01	0	0,69
70 км	хром	0,2	0,39	0,38	8,8	0,28	3,65	0,28	0,87
	никель	0,2	0,4	0,68	3,58	0,52	1,88	0,42	0,71
	молибден	1,34	0,2	6,38	12,03	3,28	4,76	0,72	0,98
	свинец	0,2	0,2	0,57	2,64	0,31	0,98	0,58	1,1
	цинк	1,31	1,3	7,06	5,51	3,72	3,15	0,66	0,58

2–16 раз, что свидетельствует о приоритетном вкладе хвостохранилища в загрязнение водных систем региона.

При впадении рек Черек и Малка концентрация молибдена снижается до 1,1 ПДК, а в водах р. Терек она не превышает уже 0,6 ПДК.

Для площади водосбора Баксана характерно естественно очищение поверхности во время осадков. Концентрация за счет поверхностного стока увеличивается в 2–4 раза в период дождей паводков. Важно, что за счет постоянных дренажных, сточных и периодических дождевых вод происходит вынос загрязнителей в р. Баксан.

Концентрация молибдена (Mo) в дренажных водах варьируется от 7 до 20 мг/л, что составляет 28–80 предельно допустимых концентраций (ПДК) для питьевой воды. Максимальный уровень цинка (Zn) достигает 3,89 мг/л, хрома (Cr) – 78,6 мкг/л, а никеля (Ni) – 132,3 мкг/л. В последнее время наблюдается снижение дебета воды, что связано с уменьшением запасов в пруде-отстойнике.

К настоящему времени хвостохранилище превратилось в опасный объект, так как в экстремальной ситуации возможно разрушение отводящего воды Гижгита туннеля, река Гижгит переполнит пруд-отстойник, в котором водоотводной канал не функционирует, дискретный материал дамбы поступит в русло Баксана и загрязнит даже р. Терек.

В ходе исследования было установлено, что ТГОК и его хвостохранилища оказывают значительное влияние на загрязнение вод р. Баксан на протяжении 70 км в ее течении.

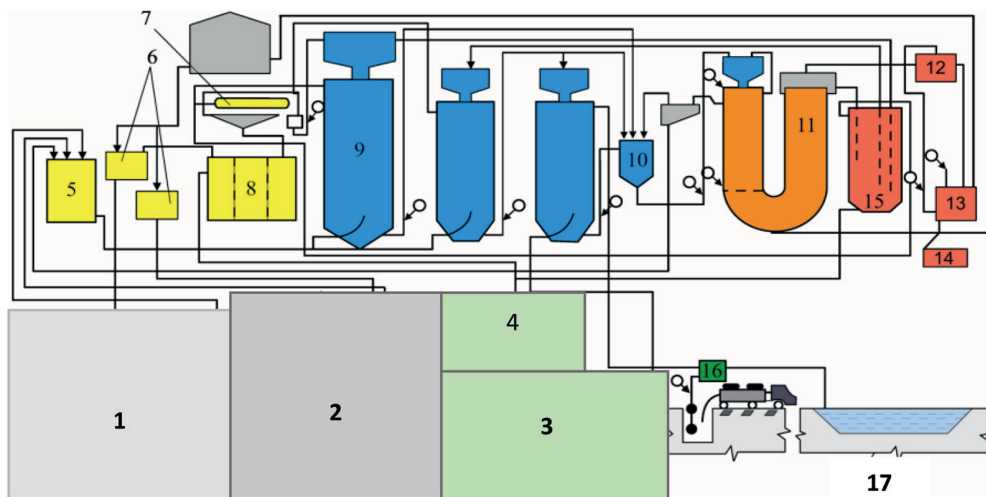
Причиной существенной деградации флоры и фауны, заболеваний местного населения добывающих регионов под воздействием продуктов природного выщелачивания является неполное извлечение металлов из руд с оставлением в недрах запасов и накопление в храни-

лищах на поверхности хвостов переработки.

Горнодобывающие предприятия, занимающиеся металлургией, играют ключевую роль в экономике, однако их деятельность часто сопровождается проблемами, связанными с выборочной эксплуатацией месторождений. Из-за разубоживания и примешивания пород возникают значительные потери руд, что отрицательно сказывается на качестве добываемых ресурсов. Успешная реализация технологий, направленных на ресурсосбережение, таких как заполнение выработанных пространств твердеющими смесями и выщелачивание металлов без их извлечения на поверхность, остается нерешенной задачей.

Текущие рыночные условия способствуют увеличению выборочной выемки запасов, что, в свою очередь, ведет к росту потерь и разубоживания, а также к увеличению источников химического загрязнения [22–24]. Это создает серьезную угрозу для здоровья населения и экосистем, пока затраты на компенсацию ущерба не будут включены в стоимость пользования ресурсами.

Утилизация хвостов без извлечения металлов представляет собой сложную задачу, поскольку такие хвосты могут быть опасны. Извлечение металлов требует значительных затрат, что делает менее выгодным для владельцев предприятий переработку токсичных отходов, поскольку штрафы не отражают действительные убытки. Эффективное снижение загрязнения окружающей среды может быть достигнуто путем разработки технологий, минимизирующих контакт металлосодержащих материалов с природными экосистемами (рис. 3). К ним относятся методы, позволяющие переводить металлы в растворимые формы в подземных выработках, а также утилизация отходов первичной переработки с извлечением металлов новыми метода-



1 – штабель; 2 – блок подземного выщелачивания; 3 – отвал; 4 – активатор;
5–8 – группа подготовки; 9–11 – группа сорбции-десорбции;
12–16 – вспомогательная группа; 17 – пруд

Рис. 3. Извлечение металлов из низкокачественного сырья

Fig. 3. Extraction of metals from low-quality raw materials

ми, например, с комбинированным механохимическим воздействием на минералы.

Другим, не менее важным фактором снижения темпов природного выщелачивания загрязнителей водных систем, является конверсия производства на технологии с закладкой пустот твердеющими смесями.

Совместное применение технологий обработки отходов обогащения и воз-

ведения искусственных массивов в выработанных пространствах открывает возможности для создания твердеющих смесей с использованием местных ресурсов.

Особенно ценными в этом процессе являются доломиты, обладающие вяжущими свойствами, что делает их идеальными компонентами для разработки эффективных и экологически чистых строительных материалов (рис. 4).

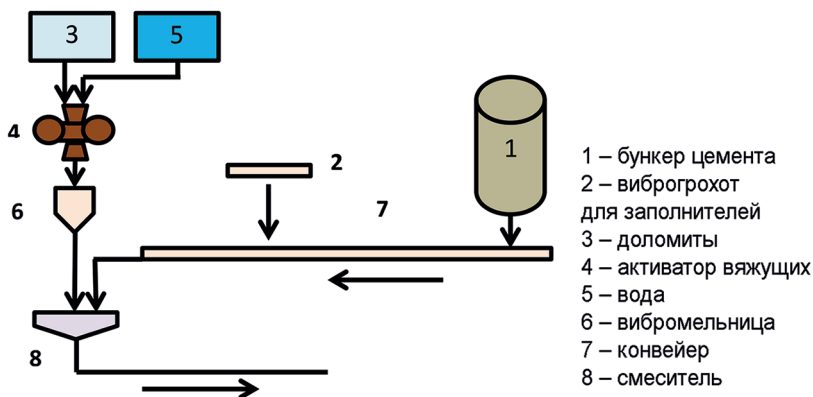


Рис. 4. Приготовление твердеющих смесей

Fig. 4. Preparation of hardening mixtures

Специалисты комбината достигли значительных успехов в повышении эффективности ресурсосберегающих технологий. В результате проведенных исследований были разработаны новые модели, ориентированные на максимизацию дисконтированной прибыли. Эти разработки стали основой для создания инновационных стратегий, которые позволяют оптимизировать процессы и сокращать затраты.

Заключение

Темпы негативного влияния растворов тяжелых металлов в стоках хранилищ промышленных отходов влияют на природу спустя десятилетия после прекращения добычных работ.

Причиной деградации флоры и фауны и заболеваний населения является неполное извлечение металлов из руд при

горно-обогатительном переделе. Минимизация влияния токсичных запасов металлосодержащих хвостов добычи и переработки связана с проблемой извлечения из них металлов до определенного уровня.

Реальным направлением снижения негативного влияния техногенных загрязнителей на гидросистемы является использование технологий с выщелачиванием руд в подземных выработках и хвостов переработки в активаторах с комбинированным механохимическим воздействием.

Снижение объема продуктов природного выщелачивания потеряннного сырья обеспечивается конверсией основного производства на выемку руд с заполнением выработанного пространства твердеющими смесями с вяжущими на основе местных доломитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жинжакова Л. З., Чередник Е. А. Результаты анализа состава родниковых вод Кабардино-Балкарской Республики // Международный научно-исследовательский журнал. — 2019. — № 2 (80). — С. 65–68. DOI: 10.23670/IRJ.2019.80.2.011.
2. Геккиева С. О., Атабиева Ф. А. Уровни содержания и сезонная изменчивость соединений тяжелых металлов в реках предгорной зоны Центрального Кавказа // Международный научно-исследовательский журнал. — 2020. — № 12-2(102). — С. 84–90. DOI: 10.23670/IRJ.2020.102.12.049.
3. 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. — 2015. — № 63(1). — С. 88–92.
4. Бортников Н. С., Гурбанов А. Г., Богатииков О. А., Карамурзов Б. С., Докучаев А. Я., Лексин А. Б., Газеев В. М., Шевченко А. В. Оценка воздействия захороненных промышленных отходов Тырныаузского вольфрамowo-молибденового 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. Атабиева Ф. А., Отарова А. С. Исследование уровня содержания и миграции меди в воде рек Центрального Кавказа // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 9. — С. 22–27. DOI: 10.17513/use.38098.
6. Беккиев М. Ю., Калов Р. О. К вопросу о гидроэнергетической оценке экономически эффективной части речного стока Кабардино-Балкарии // Региональная экономика: теория и практика. — 2022. — Т. 20. — № 1(496). — С. 186–200. DOI: 10.24891/re.20.1.186.
7. Жинжакова Л. З., Чередник Е. А. Отличительная особенность распределения экотоксикологического элемента Мо в водах горных рек Центрального Кавказа // Экологическая химия. — 2021. — Т. 30. — № 6. — С. 336–339.
8. Долов М. М., Хабжиков А. Б., Гетоков О. О., Юсупова Л. У., Третьякова О. Л. Экологическая оценка речной сети бассейна реки Терек на территории Кабардино-Балкарской Республики // Вестник рыбохозяйственной науки. — 2020. — Т. 7. — № 1(25). — С. 66–75.

9. Куликова Е. Ю., Баловцев С. В., Скопинцева О. В. Геоэкологический мониторинг при ведении горных работ // Устойчивое развитие горных территорий. — 2024. — Т. 16. — № 2. — С. 580—588. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-580-588.

10. Жинжакова Л. З., Чередник Е. А. Химический состав талых ледниковых и речных вод бассейна р. Баксан // Экологическая химия. — 2020. — Т. 29. — № 5. — С. 256—262.

11. Дегтярева Т. В., Лиховид А. А., Лысенко А. В., Караев Ю. И. Региональные структуры миграции химических элементов в ландшафтах Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 481—492. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-481-492.

12. Валиев Н. Г., Разоренов Ю. И., Голик В. И., Лебзин М. С. Комбинирование технологий выщелачивания с традиционными технологиями горного передела руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2024. — № 4. — С. 33—43. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_4_0_33.

13. Реутова Н. В., Реутова Т. В., Дреева Ф. Р., Хутуев А. М. Потенциально токсичные элементы в поверхностных водах бассейна реки Черек Безенгийский // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. — 2022. — № 5(109). — С. 105—115. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-105-115.

14. Зайцева Н. В., Клейн С. В., Седусова Э. В. К практике доказывания вреда здоровью населения на популяционном и индивидуальном уровнях при воздействии вредных факторов среды обитания // Известия Самарского научного центра РАН. Социальные, гуманитарные, медико-биологические науки. — 2015. — Т. 17. — № 5-2. — С. 457—463.

15. Валиев Н. Г., Голик В. И., Пропп В. Д., Болгова А. И., Овсянников М. С. Закономерности управления процессами охраны окружающей среды // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 11-1. — С. 40—50. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_11_0_40.

16. Рахманин Ю. А., Сеницына О. О. Гигиена окружающей среды: нормирование химического воздействия и оценка его риска здоровью // Научные основы организации здравоохранения, восстановительной и экологической медицины: руководство. — М.: Изд-во Международного университета восстановительной медицины, 2016. — С. 269—275.

17. Атабиева Ф. А., Чередник Е. А., Отарова А. С. Пространственно-временная изменчивость уровня содержания соединений тяжелых металлов в воде рек Малка и Баксан // Наука. Инновации. Технологии. — 2021. — № 3. — С. 119—132. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.8

18. Вольфсон И. Ф., Круглов В. А., Фаррахов Е. Г. Медико-экологические проблемы геологии и недропользования в программе ежегодного эколого-промышленного форума «Великие реки России» // Разведка и охрана недр. — 2020. — № 1. — С. 46—50.

19. Фоменко В. А., Соколов А. А., Мирошников А. С., Ранджан Ануж, Лукьянов А. С. Развитие методов геоэкологического мониторинга эманаций радона на выведенных из эксплуатации хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — № 6. — С. 139—152. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_6_0_139.

20. Rachwa M., Magiera T., Wawer M. Coke industry and steel metallurgy as the source of soil contamination by technogenic magnetic particles, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons // Chemosphere. 2015, no. 138, pp. 863—873. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.077.

21. Ляшенко В. И., Хоменко О. Е., Голик В. И. Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах // Горные науки и технологии. — 2020. — Т. 5. — № 2. — С. 104—118. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-2-104-118.

22. Yu S., Yang J., Liu G., Yao R., Wang X. Improvement for the multiscale periodic characteristics revealing of precipitation signals and its impact assessment on soil hydrological process by combining HNT and CWT approaches // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2015, no. 15, pp. 393—407. DOI: 10.5194/nhess-15-393-2015.

23. Kongar-Syuryun C., Klyuev R., Golik V., Oganesyana A., Solovykh D., Khayrutdinov M., Adigamov D. Principles of sustainable development of georesources as a way to reduce urban vulnerability // Urban Science. 2024, vol. 8, no. 2, p. 44. DOI: 10.3390/urbansci8020044.

24. Куликова А. А., Овчинникова Т. И. Региональный критерий отнесения горнопромышленных регионов к территориям с наибольшей подверженностью геоэкологическим изменениям // Устойчивое развитие горных территорий. — 2023. — Т. 15. — № 1. — С. 27—34. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-27-34. **PLAB**

REFERENCES

1. Zhinzhakova L. Z., Cherednik E. A. Results of the analysis of the composition of spring waters of the Kabardino-Balkarian Republic. *International Research Journal*. 2019, no. 2 (80), pp. 65 – 68. [In Russ]. DOI: 10.23670/IRJ.2019.80.2.011.
2. Gekkieva S. O., Atabieva F. A. Levels and seasonal variability of heavy metal compounds in the rivers of the Central Caucasus foothill zone. *International Research Journal*. 2020, no. 12-2(102), pp. 84 – 90. [In Russ]. DOI: 10.23670/IRJ.2020.102.12.049.
3. Reutova N. V., Dreeva F. R., Reutova T. V., Shevchenko A. A. The investigation of genotoxic effect of mining factory tailing ponds. *News of the Kabardin-Balkar Scientific Center of RAS*. 2015, no. 63(1), pp. 88 – 92. [In Russ].
4. Bortnikov N. S., Gurbanov A. G., Bogatikov O. A., Karamurzov B. S., Dokuchaev A. Ya., Leksin A. B., Gazeev V. M., Shevchenko A. V. Influence of buried industrial waste from tyrnauz tungsten-molybdenum mining complex on the ecological conditions (soil-plant layer) in Elbrus area (Kabardino-Balkar Republic). *Geoekologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2013, no. 5, pp. 405 – 416. [In Russ].
5. Atabieva F. A., Otarova A. S. Study of the level of copper content and migration in the water of the rivers of the Central Caucasus. *Advances in current natural sciences*. 2023, no. 9, pp. 22 – 27. [In Russ]. DOI: 10.17513/use.38098.
6. Bekkiev M. Yu., Kalov R. O. On the issue of hydropower assessment of the economically effective part of the river flow of Kabardino-Balkaria. *Regional economics: theory and practice*. 2022, vol. 20, no. 1(496), pp. 186 – 200. [In Russ]. DOI: 10.24891/re.20.1.186.
7. Zhinzhakova L. Z., Cherednik E. A. A distinctive feature of the distribution of the ecotoxicological element Mo in the waters of mountain rivers of the Central Caucasus. *Ekologicheskaya khimiya*. 2021, vol. 30, no. 6, pp. 336 – 339. [In Russ].
8. Dolov M. M., Khabzhokov A. B., Getokov O. O., Yusupova L. U., Tretyakova O. L. Ecological assessment of the river network of the Terek River basin in the Kabardino-Balkarian Republic. *Vestnik rybokhozyaystvennoy nauki*. 2020, vol. 7, no. 1(25), pp. 66 – 75. [In Russ].
9. Kulikova E. Yu., Balovtsev S. V., Skopintseva O. V. Geoecological monitoring during mining operations. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024, vol. 16, no. 2, pp. 580 – 588. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-2-580-588.
10. Zhinzhakova L. Z., Cherednik E. A. Chemical composition of melt glacial and river waters of the Baksan River basin. *Ekologicheskaya khimiya*. 2020, vol. 29, no. 5, pp. 256 – 262. [In Russ].
11. Degtyareva T. V., Likhovid A. A., Lysenko A. V., Karaev Yu. I. Regional patterns of chemical elements migration in the landscapes of the North Caucasus. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2018, vol. 10.№ 4.C. 481 – 492. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-481-492.
12. Valiev N. G. O., Razorenov Yu. I., Golik V. I., Lebzin M. S. Combination of leaching technologies with conventional ore processing techniques. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2024, no. 4, pp. 33 – 43. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_4_0_33.
13. Reutova N. V., Reutova T. V., Dreeva F. R., Khutuev A. M. Potentially toxic elements in the surface waters of the Cherek Bezengiysky river basin. *News of the Kabardin-Balkar Scientific Center of RAS*. 2022, no. 5(109), pp. 105 – 115. [In Russ]. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-105-115.
14. Zaitseva N. V., Klein S. V., Sedusova E. V. On the practice of proving harm to public health at the population and individual levels when exposed to harmful environmental factors. *Izvestiya of the Samara science centre of the Russian academy of sciences. Social, humanitarian, medicobiological sciences*. 2015, vol. 17, no. 5-2, pp. 457 – 463. [In Russ].
15. Valiev N. G., Golik V. I., Propp V. D., Bolgova A. I., Ovsyannikov M. S. Regularities of environmental protection process management. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 11-1, pp. 40 – 50. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_11_0_40.
16. Rakhmanin Yu. A., Sinitsyna O. O. *Gigiena okruzhayushchey sredy: normirovanie khimicheskogo vozdeystviya i otsenka ego riska zdorov'yu. Nauchnye osnovy organizatsii zdravookhraneniya, vosstanovitel'noy i ekologicheskoy meditsiny: rukovodstvo* [Environmental hygiene: standardization of chemical exposure and assessment of its health risk. Scientific foundations of the organization of health care, restorative and environmental medicine: a guide], Moscow, 2016, pp. 269 – 275.
17. Atabieva F. A., Cherednik E. A., Otarova A. S. Spatial-time variability of the level of heavy metal compounds in the water of the Malka and Baksan rivers. *Science. Innovations. Technologies*. 2021, no. 3, pp. 119 – 132. [In Russ]. DOI: 10.37493/2308-4758.2021.3.8

18. Wolfson I. F., Kruglov V. A., Farrakhov E. G. Medical and Environmental Problems within the Programme of the Annual Ecological and Industrial Forum «Great Rivers of Russia». *Prospect and protection of mineral resources*. 2020, no. 1, pp. 46–50. [In Russ].

19. Fomenko V. A., Sokolov A. A., Miroshnikov A. S., Ranjan Anuj, Lukyanov A. S. Advancement of geoeological monitoring of radon emanations from out-of-service tailings dumps in mineral mining and processing industry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023, no. 6, pp. 139–152. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_6_0_139.

20. Rachwa M., Magiera T., Wawer M. Coke industry and steel metallurgy as the source of soil contamination by technogenic magnetic particles, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Chemosphere*. 2015, no. 138, pp. 863–873. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.11.077.

21. Lyashenko V. I., Khomenko O. E., Golik V. I. Friendly and resource-saving methods of underground ore mining in disturbed rock masses. *Mining Science and Technology (Russia)*. 2020, vol. 5, no. 2, pp. 104–118. [In Russ]. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-2-104-118.

22. Yu S., Yang J., Liu G., Yao R., Wang X. Improvement for the multiscale periodic characteristics revealing of precipitation signals and its impact assessment on soil hydrological process by combining HHT and CWT approaches. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2015, no. 15, pp. 393–407. DOI: 10.5194/nhess-15-393-2015.

23. Kongar-Syuryun C., Klyuev R., Golik V., Oganesyana A., Solovykh D., Khayrutdinov M., Adigamov D. Principles of sustainable development of georesources as a way to reduce urban vulnerability. *Urban Science*. 2024, vol. 8, no. 2, p. 44. DOI: 10.3390/urbansci8020044.

24. Kulikova A. A., Ovchinnikova T. I. A regional criterion for classifying mining regions as territories with the greatest exposure to geoeological changes. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2023, vol. 15, no. 1, pp. 27–34. [In Russ]. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-1-27-34.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Валиев Нияз Гыдым Оглы¹ — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой, e-mail: niyaz.valiev@m.ursmu.ru, ORCID ID: 0000-0002-5556-2217,

Голик Владимир Иванович — д-р техн. наук, профессор, профессор, Московский политехнический университет, e-mail: v.i.golik@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1181-8452, Лебзин Максим Сергеевич¹ — младший научный сотрудник, e-mail: az_ma@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5959-135X,

¹ Уральский государственный горный университет.

Для контактов: Голик В.И., e-mail: v.i.golik@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

N.G. Valiev¹, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of Chair, e-mail: niyaz.valiev@m.ursmu.ru, ORCID ID: 0000-0002-5556-2217,

V.I. Golik, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor, Moscow Polytechnic University, 107023, Moscow, Russia, e-mail: v.i.golik@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1181-8452,

M.S. Lebzin, Junior Researcher, e-mail: az_ma@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5959-135X,

¹ Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

Corresponding author: V.I. Golik, e-mail: v.i.golik@mail.ru.

Получена редакцией 16.07.2024; получена после рецензии 06.11.2024; принята к печати 10.12.2024.

Received by the editors 16.07.2024; received after the review 06.11.2024; accepted for printing 10.12.2024.