

**РАЗРАБОТКА СПОСОБА УДАЛЕНИЯ ХВОСТОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ИЗ ЗАКОНСЕРВИРОВАННОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА РЕЧНОГО
ТИПА ИЗ НЕПОДВИЖНЫХ ПЛОЩАДОК**

К.В. Аругюнян

ЗАО "Зангезурский медно-молибденовый комбинат"

Обеспечение безопасной и эффективной утилизации хвостов и высвобождения территорий под строительство новых хвостохранилищ является одной из важных задач в горнодобывающей отрасли Республики Армения (РА). Из-за малоземельности и порой отсутствия подходящих территорий эта проблема особенно остро возникает в условиях законсервированных хвостохранилищ речного типа горнорудных предприятий РА, расположенных в гористой местности, где в случае землетрясений имеется значительный риск загрязнения окружающей среды отходами законсервированных хвостохранилищ. Анализ известных исследований и литературных источников показал, что в настоящее время известно большое количество технических решений, устройств и способов удаления хвостовых отложений из законсервированных хвостохранилищ. Однако последние не нашли широкого применения в практике удаления хвостовых отложений из хвостохранилищ, сформированных в сложных рельефных условиях, которые на территории Республики Армения, как правило, расположены в ущельях или в руслах рек, откуда предварительно удалена вода.

В статье предложены новый способ и устройство для удаления хвостовых отложений из законсервированных хвостохранилищ речного типа путем создания в процессе строительства хвостохранилища неподвижных площадок, установленных на мостовых опорах и водоприемных башнях.

Использование в качестве опор неподвижных площадок мостовых конструкций и водоприемных башен хвостохранилища позволит уменьшить затраты на создание в чаше хвостохранилища неподвижных площадок для эффективного и безопасного доступа к участку хвостовых отложений при их удалении из законсервированного хвостохранилища.

Ключевые слова: хвостовые отложения, хвостохранилище, устройство, опора, неподвижная площадка, пульповый насос, кессон, трубопровод.

Введение. Одним из приоритетных направлений для обеспечения устойчивого развития горнодобывающей промышленности Республики Армения является рациональное использование территорий, предназначенных

для складирования отходов горного производства, в частности – хвостов обогащения. В условиях ограниченных земельных ресурсов республики данный вопрос приобретает особую актуальность. Сложный горный рельеф создает значительные трудности при выборе участков для строительства новых хвостохранилищ. Практика показала, что в указанных выше условиях наиболее целесообразным является использование естественных понижений рельефа – в первую очередь ущелий рек, традиционно используемых для создания намывных хвостохранилищ.

Однако по мере исчерпания проектных мощностей действующих хвостохранилищ и при объективно существующем дефиците свободных и технически пригодных территорий для строительства новых хвостохранилищ возникает необходимость в разработке и внедрении инновационных решений, направленных на повторное использование ранее эксплуатировавшихся и законсервированных хвостохранилищ, в том числе за счет извлечения и последующей переработки лежалых хвостов.

Для обоснования целесообразности переработки хвостов обогащения необходимо учитывать перспективы дальнейшего совершенствования техники и технологий добычи и переработки руд, посредством которых возможна последующая утилизация хвостов обогащения [1].

Эффективность применения подобных решений напрямую зависит как от уровня развития технологий переработки вторичного минерального сырья, так и от методов и технических средств, применяемых для удаления хвостов из хвостохранилищ. Разработка специализированных устройств и технологических схем, обеспечивающих механизированную или гидромеханизированную выемку лежалых хвостов, становится важным направлением для вовлечения техногенных ресурсов в повторное промышленное использование и освобождение территорий для складирования новых объемов хвостовых отложений.

Технологические решения для освоения техногенных месторождений должны обеспечивать производственную и экологическую безопасность. Наиболее предпочтительны технологии, исключаящие пребывание людей и техники на поверхности хвостохранилища и минимизирующие воздействие на окружающую среду. Достижение этих требований возможно при использовании высокопроизводительной техники непрерывного действия [2].

Постановка вопроса и методы исследования. Применение традиционных методов и оборудования для выемки и удаления хвостовых отложений из законсервированных хвостохранилищ связано с рядом трудностей. Несмотря на длительный срок хранения, складированные хвосты

сохраняют высокую степень влажности, которая местами может достигать значений 15...20% и более, что может стать причиной внезапных обрушений добычного забоя. Такие обрушения, в свою очередь, чреваты безвозвратной потерей оборудования, техники и рабочего времени [3, 4].

Дополнительным фактором риска при проведении работ на хвостохранилищах речного типа является их значительная высота: на крупных горнодобывающих предприятиях РА она достигает 100 м и более. Это обстоятельство требует применения альтернативного подхода к выбору оборудования для удаления хвостов из законсервированных хвостохранилищ.

Одним из наиболее хорошо зарекомендовавших себя видов оборудования для добычи лежалых хвостов из законсервированных хвостохранилищ принято считать земснаряды. Многие виды такого оборудования изначально разрабатывались для решения задач с узкой специализацией. Однако в условиях разработки законсервированных хвостохранилищ отдельные модели земснарядов не способны выполнять определенные задачи, либо работают с существенно пониженной эффективностью [5].

В настоящее время известны также технологические схемы с извлечением лежалых хвостов из хвостохранилища путем бурения в массе лежалых хвостов хвостохранилища колодцев диаметром от 250 до 1300 мм с использованием проходческого щита малого диаметра, которые в основном применяются в строительной промышленности для проходки тоннелей под дорогами и водоемами. Другая технологическая схема предусматривает использование подземного телескопического гидромонитора для отработки богатых участков хвостохранилища. Способ предусматривает оконтуривание в пределах хвостохранилища участков с кондиционным содержанием полезных компонентов в хвостах. Следующим этапом под выбранными участками хвостохранилища проводят систему подземных выработок и создают буровую камеру, из которой бурят по меньшей мере две скважины: гидромониторную и транспортную. Все пробуренные скважины закрепляют обсадными трубами. На участке, подлежащем разработке, создается передовая камера, где устанавливается телескопический гидромонитор. Из гидромонитора подается высоконапорная струя воды, которая разрыхляет отложения хвостов. Полученная гидросмесь поступает в транспортную скважину и направляется в магистраль подземной выработки для дальнейшей транспортировки на обогатительную фабрику [6, 7].

Филиппинская компания “Атлас Консолидейтид Майнинг энд Девелопмент”, ныне известная как “Atlas Mining”, с целью ликвидации старого

хвостохранилища и перекачки хвостов использовала систему “Марконафло”, разработанную и запатентованную компанией “Маркона”. Основным узлом данной системы является специально сконструированное сопло, обеспечивающее повторное образование пульпы из слежавшихся хвостов. Сопло медленно вращается под массой материала, разрыхляет и затягивает его в струю воды, образуя пульпу с высоким процентом твердого, которая впоследствии перекачивается насосами. Для установки сопла на разрабатываемом участке хвостохранилища предварительно сооружается металлический мост с опорами, одним концом опирающийся на рельеф. По мосту к рабочей зоне прокладываются трубопровод технической воды высокого давления и пульпопровод удаления хвостов. Применение данного метода позволило существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты на перекачку хвостов [8].

Известно также устройство для удаления лежалых хвостов из законсервированных хвостохранилищ речного типа, которое предусматривает установку неподвижных опорных колонн вне чаши хвостохранилища, соединяемых друг с другом параллельно натянутыми в одной горизонтальной плоскости главными канатами. На канаты устанавливается рабочая площадка, которая поддерживается колесами на главных канатах и приводится в движение подвижным канатом. Подвижной канат, в свою очередь, жестко закреплен к рабочей площадке и движется за счет тяговой силы от транспортера, осуществленного в виде лебедки, который установлен вблизи расположенной с одной стороны неподвижной опорной колонны. Под рабочей площадкой устанавливается башня с возможностью вертикального передвижения, верхняя часть которой выполнена в виде кессона, расположенного между колоннами. Для обеспечения их вертикального перемещения имеются расположенные на рабочей площадке растягивающие лебедки, свободные концы канатов которых прикреплены к верхнему корпусу башни. В нижней части кессона установлен песковой насос с подсоединенным к нему трубопроводом для удаления пульпы, вокруг кессона и на нижних концах колонн установлены водометные насадки высокого давления с подсоединенным к ним трубопроводом подачи технической воды. Лежалые хвосты разжижаются под воздействием напора воды высокого давления, подающейся на водометные насадки через трубопровод высокого давления. Разжиженные хвосты самотеком поступают в центр зумпфа, который формируется на начальном этапе производства работ по удалению хвостов из законсервированного хвостохранилища. Разжиженные хвосты удаляются из зумпфа с помощью пескового насоса. Для расширения рабочей зоны в процессе

дополнительно задействуются также гидромониторы, расположенные за пределами зумпфа на территории хвостохранилища [9].

Результаты исследования. Анализ рассмотренных выше известных методов и устройств для удаления хвостовых отложений из законсервированных хвостохранилищ показывает, что они обладают рядом существенных недостатков, в частности:

- большие затраты на проведение подготовительных работ [5, 7, 9];
- снижение эффективности работы оборудования при разработке участков мелкодисперсных хвостов [5];
- засорение всасывающего устройства мусором и донной растительностью [5];
- высокие операционные затраты на поддержание подземных выработок в рабочем состоянии [7];
- ограничения применения оборудования на хвостохранилищах с большими размерами как по площади, так и по глубине [5, 8];
- высокая трудоемкость монтажных и демонтажных работ оборудования [5, 7-9];
- высокая трудоемкость и дополнительные затраты при организации работ на новом участке хвостохранилища [7-9].

В настоящей статье предлагается внести конструктивные изменения в ранее разработанное устройство [9], а также предусмотреть выполнение подготовительных работ на стадии строительства хвостохранилища. Предложение будет рассмотрено на примере ныне действующего хвостохранилища Арцваник, эксплуатируемого ЗАО “Зангезурский ММК”. Хвостохранилище Арцваник расположено в ущелье одноименной реки на юге Республики Армения (рис. 1). При строительстве хвостохранилища поэтапно сооружались неподвижные водоприемные башни, связанные с водоотводящими тоннелями. Количество водоприемных башен на данный момент составляет 6, из которых сейчас эксплуатируется только одна башня. Остальные башни были выведены из эксплуатации, законсервированы и захоронены под толщей хвостов в связи с последовательным наращиванием дамбы хвостохранилища.

Нами предлагается на стадии строительства водоприемных башен в чаше хвостохранилища одновременно возводить металлические мосты, которые на начальном этапе будут служить резервными подходами к водоприемным башням в период их эксплуатации, а после завершения эксплуатации хвостохранилища мосты будут использованы для удаления хвостовых отложений. Опоры мостов на рельефе должны быть расположены

как в чаше, так и за пределами конечного контура хвостохранилища, что обеспечит постоянный доступ к мостам на протяжении всего срока эксплуатации гидротехнического сооружения. Водоприемные башни при этом служат в качестве дополнительных опор для мостов и будут соединены с мостами металлическими опорами.

Схема расположения металлических мостов и водоприёмных башен представлена на рис. 1.

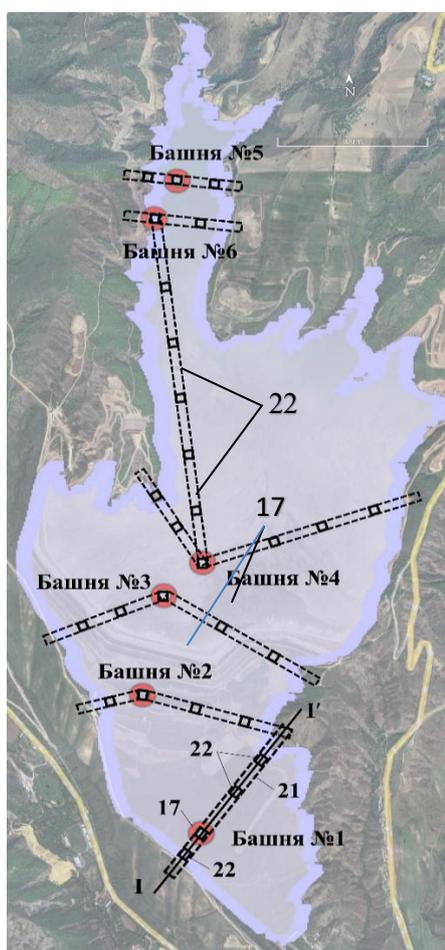


Рис. 1. Схема расположения металлических мостовых неподвижных площадок между водоприемными башнями и неподвижными опорами на примере хвостохранилища Арцваник

На рис. 2 показано неподвижное мостовое устройство для удаления хвостовых отложений в поперечном сечении хвостохранилища речного типа.

Принцип работы устройства аналогичен принципу работы известного метода [9], за исключением того, что вместо неподвижных опорных колонн, установленных на неподвижных участках вне чаши хвостохранилища, и протянутых между ними главных канатов в данном техническом решении предлагается использовать металлические мостовые неподвижные площадки на опорах, установленных в пределах хвостохранилища. Рабочая платформа колесами устанавливается на рельсовые пути, предварительно смонтированные по всей длине металлических мостов. Приведение платформы в движение осуществляется посредством привода управления платформой 9, что показано на рис 2.

Продольный разрез по линии I–I'

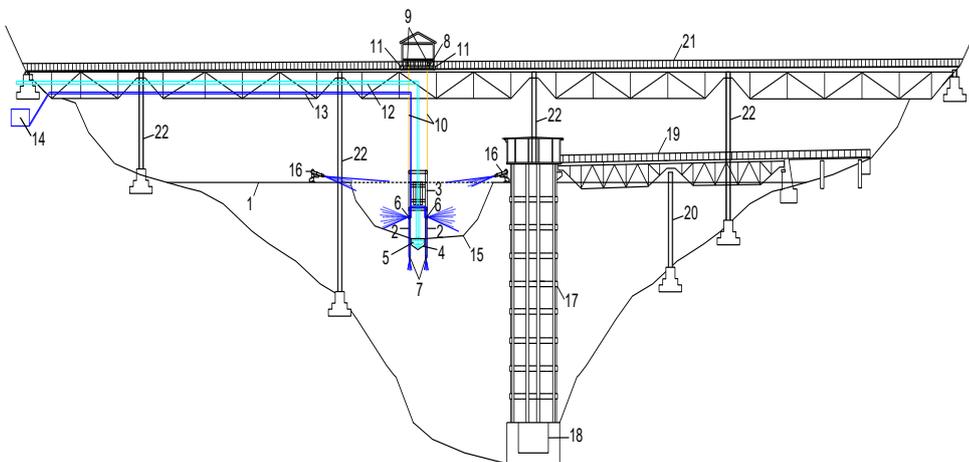


Рис. 2. Схема размещения мостового устройства для удаления хвостов из хвостохранилищ речного типа: 1 - хвостохранилище, 2 – опоры металлической башни, 3 – металлическая башня, 4 – кессон, 5 – песковой насос, 6 – горизонтальные водометные насадки, 7 – вертикальные водометные насадки, 8 – рабочая платформа, 9 – натяжные лебедки и привод управления рабочей платформой, 10 – натяжные канаты, 11 – колесо, 12 – пульпопровод удаления пульпы, 13 – трубопровод технического водоснабжения, 14 – станция приготовления воды высокого давления, 15 – зумпф, 16 – гидромонитор, 17 – водоприемная башня, 18 – водоотводящий тоннель, 19 – основной металлический мост, 20 – металлическая опора основного моста, 21 – резервный металлический мост, 22 – металлические опоры резервного моста

Заключение. Проведен краткий обзор известных технических решений и устройств по удалению хвостовых отложений из законсервированных хвостохранилищ.

Дан анализ известных технологий и способов удаления хвостовых отложений из хвостохранилищ. Предложено новое техническое решение для удаления хвостовых отложений из законсервированного хвостохранилища,

предусматривающее в период строительства хвостохранилища сооружение неподвижных металлических мостовых площадок, соединяющих неподвижные опоры в чаше хвостохранилища с водоприемными башнями. Разработанное устройство и способ его осуществления позволяют повысить эффективность и безопасность производства работ по удалению хвостов из законсервированного хвостохранилища.

Литература

1. **Комащенко В.И.** Эколого-экономическая целесообразность утилизации горнопромышленных отходов с целью их переработки // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле.- 2015.- Выпуск 4.- С. 23–30.
2. **Качурин Н.М., Прохоров Д.О., Стась Г.В., Гаврина О.А.** Обоснование технологии освоения техногенных месторождений // Устойчивое развитие горных территорий.- 2024.- Т. 16, №3 (61).- С. 833–841.
3. **Холодняков Г.А., Аргимбаев К.Р., Решетняк С.П.** Определение высоты добычного забоя при разработке хвостохранилищ гидравлическим экскаватором типа обратная лопата // Записки Горного института.- 2012.- Т. 195.- С. 138–141.
4. **Радченко Д.Н., Хайдаров И.В., Залевская К.Н.** Обоснование технологии добычи и переработки техногенного сырья Новотроицкого хвостохранилища // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле.- 2020.- Выпуск 1.- С. 277–289.
5. **Aquino E.R., Navarro Torres V.F., Paniz I.L.** Tailing dam mining theoretical consideration and circular economy: A Review // Journal of Geoscience and Environment Protection.- 2024.- №12.- P.77–92.
6. **Зубов В.П., Минаев Ю.Л.** Технологические схемы селективной разработки хвостохранилищ обогатительных фабрик цветных и благородных металлов // Записки Горного института.- 2003.- Т. 154.- С. 174–177.
7. Патент RU 2 184 234 C1, E21C 41/26. Способ разработки хвостохранилища / **Д.Ю. Минаев, Ю.Л. Минаев.** - Санкт-Петербург, 2000.- 4 с.
8. **Таужнянская З.А.** Организация складирования хвостов на обогатительных фабриках за рубежом.-М.: Ротапринт института “Цветметинформации”, 1975.- 38 с.
9. Патент РА №793У, АМ20220052У, E21C 45/00, E02F 3/00. Устройства для удаления отложений из хвостохранилищ речного типа / **Л. Манукян, К. Арутюнян, Т. Манукян, М. Геворгян;** Агентство интеллектуальной собственности Республики Армения.- 2023.- 14 с.

Поступила в редакцию 10.07.2025.

Принята к опубликованию 25.12.2025.

ԱՆՇԱՐԺ ՀԱՐԹԱԿՆԵՐԻՑ ԳԵՏԱՅԻՆ ՏԻՊԻ ԿՈՆՍԵՐՎԱՑՎԱԾ ՊՈՉԱՄԲԱՐԻՑ
ՊՈՉԱՅԻՆ ՆՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ՀԵՌԱՑՄԱՆ ԵՂԱՆԱԿԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Կ.Վ. Հարությունյան

Պոչային նստվածքների արդյունավետ և անվտանգ վերամշակման, ինչպես նաև նոր պոչամբարների կառուցման նպատակով տարածքների ընտրման հետ կապված հարցերի լուծումը Հայաստանի Հանրապետության հանքարդյունաբերության ոլորտի առաջնահերթ խնդիրներից են: Հողատարածքների սակավության և հաճախ պիտանի տարածքների բացակայության պատճառով այս խնդիրն ավելի է բարդանում ՀՀ լեռնային տարածքներում տեղակայված հանքարդյունաբերական ձեռնարկությունների գետային տիպի կոնսերվացված պոչամբարների պայմաններում, երբ երկրաշարժերի դեպքում առկա է շրջակա միջավայրի աղտոտման զգալի ռիսկ՝ պոչամբարներում կուտակված թափոնների արտահոսքի հետևանքով: Հայտնի հետազոտությունների և գրական աղբյուրների վերլուծությունը ցույց է տվել, որ ներկայումս հայտնի են կոնսերվացված պոչամբարներից պոչային նստվածքների հեռացման բազմաթիվ տեխնիկական լուծումներ, սարքեր և եղանակներ: Սակայն դրանք լայն կիրառություն չեն գտել բարդ ռելիեֆային պայմաններում ձևավորված պոչամբարներից պոչային նստվածքների հեռացման պրակտիկայում, որոնք Հայաստանի Հանրապետությունում, որպես կանոն, տեղակայված են ձորերում կամ գետերի կիրճերում՝ նախապես այդ տարածքներից հեռացնելով ջուրը:

Հոդվածում առաջարկվում են կոնսերվացված պոչամբարներից պոչային նստվածքների հեռացման նոր եղանակ և դրա իրականացման սարք, որը հիմնված է պոչամբարի կառուցման ընթացքում կամրջային հարթակների ստեղծման և ջրընդունիչ աշտարակների վրա անշարժ հրապարակների ստեղծման գաղափարի վրա:

Կամրջային կառուցվածքով անշարժ հարթակների ստեղծման համար որպես հենարաններ օգտագործելով պոչամբարի տարածքում կառուցվող հենասյուները և պոչամբարի ջրընդունիչ աշտարակները՝ հնարավոր է նվազեցնել պոչամբարի թասում անշարժ աշխատանքային հրապարակների կառուցման ծախսերը, բարձրացնելով կոնսերվացված պոչամբարներից պոչային նստվածքների հեռացման արդյունավետությունն ու անվտանգությունը:

Առանցքային բառեր. պոչային նստվածք, պոչամբար, սարք, հենարան, անշարժ հրապարակ, ապարախյուսային պոմպ, սուզարկղ, խողովակաշար:

DEVELOPING A METHOD FOR REMOVING TAILING FROM THE RIVER – TYPE CONSERVED TAILINGS DAM FROM STATIONARY PLATFORMS

K.V. Harutyunyan

Ensuring the safe and efficient disposal of tailings, along with the release of land for the construction of new tailings storage facilities, is among the priority challenges in mining industry of Republic of Armenia (RA). Due to limited land availability and, at times, the absence of suitable areas, this issue becomes particularly acute in the context of conserved river-type tailings dams operated by mining enterprises in Republic of Armenia. These enterprises are typically located in mountainous regions where, in the event of an earthquake, there is a significant risk of environmental contamination from the contents of conserved tailings storage facilities. A review of the existing studies and literature reveals that numerous technical solutions, devices, and methods for removing tailings from conserved tailings dams are currently known. However, these have not been widely applied in practice for removing tailings from tailing dams formed in complex terrain conditions – such as those commonly found in Republic of Armenia, where tailings dams are typically located in gorges or riverbeds, with pre-removed water.

This article proposes a novel method and device for the removal of tailings from conserved river-type tailings dams, based on the construction of stationary platforms installed on bridge supports and water intake towers during the dam's construction phase.

The use of the tailings dam's bridge structures and water intake towers as supports for stationary platforms makes it possible to reduce the cost of constructing these platforms within the basin. This facilitates safe and efficient access to the tailings deposit area during their removal from the conserved tailings dam.

Keyword: tailings, tailing dam, device, support, fixed platform, pulp pump, caisson, pipeline.