

УДК 622'17.001.57

Медведева О.А., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Киричко С.Н., аспирант,
Кондратюк Т.Д., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА НАМЫВА ДАМБЫ
ХВОСТОХРАНИЛИЩА**

Медведева О.О., канд. техн. наук, ст. науч. співр.
Киричко С.М., аспірант,
Кондратюк Т.Д., магістр
(ІГТМ НАН України)

**ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАМИВАННЯ ДАМБИ
ХВОСТОСХОВИЩА**

Medvedeva O.A., Ph.D. (Tech), Senior Researcher,
Kirichko S.N., Doctoral Student,
Kondratyuk T.D., M. S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

**LABORATORY RESEARCHES OF PROCESS OF THE DAM INWASH
IN THE TAILING DUMP**

Аннотация. В работе выполнены лабораторные исследования процесса подводного намыва при эксплуатации хранилищ отходов обогащения с учетом наращивания дамб обвалования в стесненных условиях, когда прудковая зона значительно наступает на пляжную. Приведена лабораторная установка. Показаны результаты проведенных экспериментальных исследований с различной концентрацией твердого. Определены рациональные параметры пляжа и прудковой зоны при моделировании процесса подводного намыва. Установлено, что в процессе складирования отходов обогащения засоренность техногенной россыпи глинистыми, пылеватыми и меловыми частицами незначительна, и визуально не отличается от откоса, сформированного при надводном намыве.

Ключевые слова: Техногенная россыпь, дамба обвалования, хвостохранилище, прудок, пляж.

Одна из актуальных проблем функционирования большинства ГОКов Кривбасса – отсутствие места для складирования отходов обогащения вблизи существующих промплощадок. Поскольку выделение земельных отводов под новые карты хранилищ затруднительны, а существенное удлинение трубопроводных магистралей экономически нерентабельно, наиболее распространенным решением данной проблемы является наращивание дамб хранилища [1-3]. В результате некоторые хранилища отходов эксплуатируются с существенным превышением отметок дамб над проектным уровнем. Однако использование этого метода ограничено способностью прудка очищать поступающую в него оборотную воду от глинистых и меловых частиц, не оседающих на пляжах и при подводном намыве.

Ряд эксплуатируемых хранилищ отходов уже вплотную приблизились к такой ситуации, в которой дальнейшее наращивание дамб становится невозможным. Фактически, в результате сокращения площади верха хранилища, геометрические размеры прудка уменьшаются настолько, что поступающие в него частицы твердого не успевают осесть до подхода к водозабору.

В сложившейся ситуации возможно использование технологий повышающих эффективность осаждения взвеси в прудке, основанных на применении коагулянтов и флокулянтов [4-7]. Такие технологии широко применяются при обогащении минерального сырья, а также при очистке стоков и питьевой воды. Однако все они требуют громоздкого хозяйства по приготовлению реагентов, исключается доставка к прудку напорным гидротранспортом, а получаемый с их помощью осадок характеризуется высокой пористостью, что нежелательно с точки зрения устойчивости ядра хранилища [8-9].

Другой возможностью обеспечить сепарацию твердых частиц из оборотной воды является увеличение геометрических размеров прудка, что в рассматриваемой ситуации возможно только за счет пляжей намыва. Это решение, в случае применения его на нижних ярусах намыва, нарушает технологический регламент складирования отходов обогащения и снижает устойчивость бортов хранилища [8-11]. Однако внедрение его на верхних ярусах, которые не несут, и не будут нести существенных нагрузок от дамб расположенных выше, может оказаться перспективным. В этом случае граница прудка будет проходить выше отметки осаждения частиц с регламентированной крупностью, а пылеватые, глинистые и меловые частицы будут осаждаться вместе с более крупными фракциями. При этом формирование частиц пляжа и внутреннего откоса дамбы частицами крупных фракций будет осуществляться при подводном намыве. Процессы, происходящие при таком намыве яруса хранилища, не исследованы, а известные модели процессов [5-10], в виду особенностей технологического решения, без дополнительной адаптации не применимы.

Целью статьи является обоснование подхода к экспериментальному изучению особенностей процессов складирования отходов обогащения при совмещении прудка с зоной подводного намыва.

Учитывая сложность изучаемых процессов, был выбран экспериментальный способ их изучения, для чего был разработан и изготовлен лабораторный стенд, позволяющий реализовывать процессы сосредоточенного и распределенного намыва с визуальным наблюдением и фиксацией на кинокамеру процессов осаждения и формирования внутреннего откоса дамбы (рис. 1). Стенд состоит из лотка 1, моделирующего карту намыва и часть прудка, распределительного трубопровода с системой выпусков 2, обеспечивающих подачу пульпы в карту, подающего трубопровода, обеспечивающего подачу пульпы на контур намыва, смесительного зумпфа 3, где аккумулируется приготовленная гидросмесь, и гидростатической стойки 4, которая обеспечивает напор для течения пульпы. Лоток выполнен из оргстекла, что позволяет визуальное наблюдать процессы, происходящие в карте сбоя, а также фиксировать геометрические параметры сформировавшегося внутреннего откоса. В плане лоток имеет размеры 640 на

1100 мм, высота лотка 320 мм.



1 – лоток, 2 – трубопровод с системой выпусков, 3 – смесительный зумпф, 4 – гидростатическая стойка

Рисунок 1 – Лабораторная установка для моделирования процессов, происходящих в хранилищах отходов

Распределительный трубопровод станда 1, выполнен из пластиковой трубы диаметром 40 мм и имеет четыре боковых выпуска диаметром 8 мм, торцевой выпуск у него заглушен. Длина выпусков соответствует длине откоса дамбы, что позволяет моделировать сосредоточенный и распределенный способы намыва. Конструкция станда допускает демонтаж данного распределительного трубопровода и установку трубопровода другой конструкции. Подающий трубопровод выполнен из гибкого шланга диаметром 40 мм, который позволяет обеспечивать подачу пульпы при различных расстояниях между лотком и смесительным зумпфом. Смесительный зумпф емкостью 6 дм³, в плане имеет форму квадрата со стороной 150 мм. Верхняя часть зумпфа высотой 300 мм служит для аккумуляции готовой пульпы, а нижняя, сужающаяся часть, высотой 100 мм, – обеспечивает ее поступление в сливное отверстие диаметром 46 мм.

Гидростатическая стойка высотой 2500 мм, обеспечивает размещение смесительного зумпфа, на фиксированной высоте от 0,3 до 2,0 м, что позволяет осуществлять подачу пульпы в лоток с различным напором. Пульпа, заливаемая в смесительный зумпф, готовится в отдельной емкости путем механического смешивания сухих отходов обогащения и воды в соответствующих пропорциях.

Модель участка намыва изготовлена в масштабе 1:100. Дамба изготовлена из щебня крупной и мелкой фракции с добавлением глинистых частиц. Исследования проводились при объемной концентрации твердого в пульпе 10, 15 и 20 % (табл. 1) по следующей методике.

Таблица 1 – Технологические условия проводимых экспериментов

Количество циклов намыва	Наименование характеристик отходов		
	Объем пульпы за цикл намыва, м ³	Процентное содержание твердого в пульпе, %	Расход пульпы на карты, л/сек
15	0,034	20	0,1
15	0,04	15	0,1
15	0,04	10	0,1

Готовилась пульпа соответствующей концентрации и заливалась в смесительный зумпф, установленный на определенной отметке гидростатической стойки. По мере истечения из зумпфа в него подливались новые порции пульпы и таким образом в лотке создавались условия намыва, при которых часть прудка совмещается с зоной подводного намыва (рис. 2). По достижению свободной поверхности пульпы в лотке уровня дамбы намыв прекращался, некоторое время гидросмесь отстаивалась и затем вода аккуратно вычерпывалась с противоположного дамбе края лотка (рис. 3). Это обеспечивает визуализацию сформировавшегося в исследуемых условиях внутреннего откоса дамбы, позволяет оценить его геометрические размеры и распределение фракций твердых частиц по поверхности откоса (рис. 4). После высыхания сформированного откоса проводился его разрез в продольном и поперечном сечениях (рис. 5), что позволяло оценить распределение фракций твердых частиц по длине и по простиранию откоса.

Выводы. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что процесс складирования отходов обогащения при совмещении прудка с зоной подводного намыва характеризуется следующими особенностями:

1. Формирование тела техногенной россыпи принципиально не отличается от случая надводного намыва, основная часть рудоносного тела расположена непосредственно за внутренним откосом дамбы обвалования, мощность этого тела по длине пляжа изменяется экстремально – утончается возле дамбы, затем увеличивается и в дальнейшем сходит на нет.

2. Засоренность техногенной россыпи глинистыми, пылеватыми и меловыми частицами незначительна, и визуально не отличается от откоса, сформированного при надводном намыве.



а)



б)

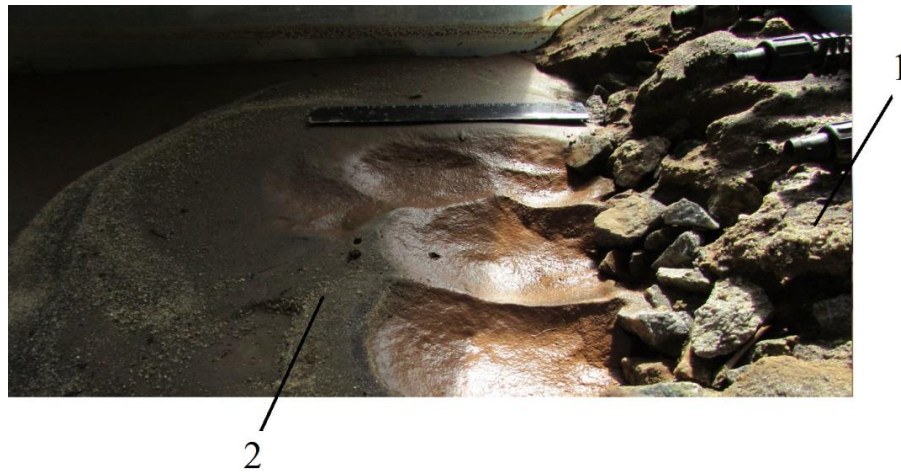
1 – трубопровод с системой выпусков, 2 – дамба обвалования

Рисунок 2 – Моделирование процесса складирования отходов обогащения при совмещении прудка с зоной подводного намыва



1 – трубопровод с системой выпусков, 2 – дамба обвалования, 3 – намытое тело при складировании хвостов обогащения

Рисунок 3 – Визуализация сформировавшегося внутреннего откоса дамбы



1 – дамба обвалования, 2 – намытое тело при складировании хвостов обогащения

Рисунок 4 – Тело внутреннего откоса дамбы, намытой при совмещении прудка с зоной подводного намыва



1 – трубопровод с системой выпусков, 2 – тело россыпи, сформированное при подводном намыве

Рисунок 5 – Внутреннее строение внутреннего откоса дамбы намытой при совмещении прудка с зоной подводного намыва

3. Учитывая однотипность строения рудоносного тела, ярусы, сформированные при совмещении прудка с зоной подводного намыва, позволяют применение попутной добычи техногенных россыпей с последующим заполнением выработанного пространства.

4. Попутная добыча техногенных россыпей с ярусов, сформированных при совмещении прудка с зоной подводного намыва, с последующим заполнением выработанного пространства материалом необходимой прочности, обеспечивает устойчивость откосов хранилища.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губин, Г.Г. Уменьшение экологических рисков и снижение энергозатрат при складировании отходов обогащения / Г.Г. Губин, В.Г. Губина // Сборник научных трудов КТУ.- Качество минерального сырья.- Кривой Рог, 2005.- С.351-358.

2. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий / Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семененко [и др.]. – Днепропетровск: Новая идеология, 2006. – 416 с.
3. Медведева, О.А. Проблемы дальнейшей эксплуатации хранилищ отходов обогащения Кривбасса и теоретические предпосылки их решения / О.А. Медведева // Геотехническая механика : межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. - Вып.97.- С. 155-161.
4. Медведева, О.А. Хвостохранилища Кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации / О.А. Медведева // Геотехническая механика : межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып.103.- С. 279-285.
5. Евтехов, В.Д. Техногенные месторождения: от использования имеющихся – к созданию более совершенных / В.Д. Евтехов // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2003. – №1. – С. 19 – 26.
6. Трубопроводный гидротранспорт твердых сыпучих материалов / Л.И. Махарадзе, Т.Ш. Гочиташвили, С.И. Криль [и др.]. – Тбилиси: Мецниереба, 2006. – 350 с.
7. Brock, S.T.H. The use of hydrotransportation systems in the mining environment / S.T.H. Brock // The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy – 2006. – Vol. 106, December. – pp. 789 – 792.
8. Dimitrijevic, B. Selection of technological parameters in borehole mining production by technical deep drilling and hydroexploitation / B. Dimitrijevic, J. Pinka, V. Mitrovic // Acta Montanistica Slovaca. – 2004. – Ročník 9, číslo 3. – P.p. 160 – 167.
9. Pullum, L. A non-Newnonian two-layer model and its application to high density hydrotransport / L. Pullum, L. Graham, P. Slatter // Hydrotransport 16: International Conference, 26 – 28 April, 2004, Santiago, Chile.
10. Булат, А.Ф. Модели элементов гидротехнических систем горных предприятий / А.Ф. Булат, О.В.Витушко, Е.В.Семененко. – Днепропетровск: Герда, 2010. – 216 с.
11. Ермошкин, В.В. Опыт и проблемы гидроотвалообразования на разрезах Кузбасса / В.В. Ермошкин // Материалы Четвертого съезда гидромеханизаторов России «Гидромеханизация – 2006», Россия, г. Москва, 2006.

REFERENCES

1. Gubyn, G.G. and Gubina, V.G., (2005), “Reduction of environmental risks and decrease in energy consumption when warehousing waste of enrichment”, *Sbornik naychnykh trudov Krivorozhskogo tekhnicheskogo universiteta*, pp. 351-358
2. Baranov, Yu.D., Blyuss, B.A., Semenenko, E.V. and Shurigin, V.D. (2006), *Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty sistem gidrotransporta gornykh predpriyatiy* [Justification of parameters and working hours of systems of hydrotransport of the mining enterprises], Novaya ideologiya, Dnepropetrovsk, Ukraine.
3. Medvedeva, O.A., (2012), “Problems of further operation of storages of the waste of enrichment of Krivbass and theoretical preconditions of their decision”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 97, pp. 155-161.
4. Medvedeva, O.A., (2012), “Tailings dams of Krivbass, problem and feature of their operation”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 103, pp. 279-285.
5. Evtexov, V.D., (2003) “Tekhnegny fields: from use of the available – to creation of more perfect”, *Geologo-mineralogichnyy visnyk Krivorizhskogo tekhnichnogo universitetu*, no.1, pp. 19-26.
6. Makharadze, L.I., Gochitashvili, T.Sh., Kril S.I. and Smoilovskaya, A.A. (2006), *Truboprovodnyi gidrotransport tverdykh sypushikh materialov* [Pipeline hydrotransport of solid bulks], Tbylisy, Metsnyerba, Georgia.
7. Brock, S.T.H. (2006), “The use of hydrotransportation systems in the mining environment”, *The Journal of Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, vol. 106, December, pp. 789 – 792.
8. Dimitrijevic, B., Pinka, J. and Mitrovic, V. (2004), “Selection of technological parameters in borehole mining production by technical deep drilling and hydroexploitation”, *Acta Montanistica Slovaca*, 2004, Ročník 9, číslo 3, pp. 160 – 167.
9. Pullum, L., Graham, L. and Slatter, P. (2004), “A non-Newnonian two-layer model and its application to high density hydrotransport”, *Hydrotransport 16, International Conference, 26 – 28 April, 2004, Santiago, Chile*.
10. Bulat, A.F., Vitushko, O.V. and Semenenko, E.V. (2010), *Modeli elementov gidrotekhnicheskikh sistem gornykh predpriyatiy* [Models of elements of hydrotechnical systems of the mountain enterprises],

Gerda, Dnepropetrovsk, Ukraine.

11. Ermoshkin, V.V. (2006), "Experience and gidrootvaloobrazovaniye problems on cuts of Kuzbass", *Materials of the Fourth congress of hydromachine operators of Russia "Gidromekhanization – 2006*, Moscow, Russia.

Об авторах

Медведева Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе геодинамических систем и вибрационных технологий, Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, olya-1702@yandex.ua.

Киричко Сергей Николаевич, аспирант, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова, Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, igtmnanu@yandex.ru.

Кондратюк Татьяна Дмитриевна, магистр, инженер отдела проблем шахтных энергетических комплексов, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, igtmnanu@yandex.ru.

About the authors

Medvedeva Olga Alekseevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geodynamic systems and Vibration Technologies, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, olya-1702@yandex.ua.

Kirichko Sergey Nikolayevich, Doctoral Student, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

Kondratyuk Tatyana Dmitrievna, Master of Science, Engineer in Department of Mine Energy Complexes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, igtmnanu@yandex.ru.

Анотація. В роботі виконані дослідження процесу підводного намивання при експлуатації сховищ відходів збагачення з урахуванням нарощування дамб обвалування в стислих умовах, коли прудкова зона значно перекидає пляжну. Наведено розроблений лабораторний пристрій. Змодельовані процеси, що трапляються під час експлуатації хвостосховища. Показані результати проведених експериментальних досліджень з різною концентрацією твердого. Визначені раціональні параметри пляжу і прудкової зони при моделюванні підводного намивання. Встановлено, що в процесі складування відходів збагачення засміченість техногенного розсипу глиняними, пилюватими та крейдованими частинками незначна, а візуально не відрізняється від укусу, який сформовано при надводному намиванні.

Ключові слова: техногенна розсип, дамба обвалування, хвостосховище, прудок, пляж.

Summary. A process of underwater inwash of dams in operational phases of waste storages was studied in lab with taking into account constrained conditions for the further extension of the dam embankment when a pond area critically approaches a zone of dry tailings. Laboratory equipment is described. Results of the laboratory studies conducted with various concentrations of solids are presented. Rational parameters were determined for the zone of dry tailings and pond area when simulating the underwater inwash process. It is stated that impurity of the man-made placer with clay, dusting and chalky particles in the operational phases of waste storing is insignificant and the slope does not visually differ from the slope formed by surface inwash.

Keywords: man-made placer, dam embankment, waste storage, pond, the zone of dry tailings.

Статья поступила в редакцию 08.10.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Е.В. Семененко