© А.К. Николаев, С.Ю. Авксентьев, С.П. Ляшик, 2008

УДК 622.799.5:622.348.9

А.К. Николаев, С.Ю. Авксентьев, С.П. Ляшик

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАСТООБРАЗНЫХ ГИДРОСМЕСЕЙ

Семинар № 20

Размещение хвостов горно-обогатительных комбинатов в пастообразном состоянии в форме полого, с дренированной наклонной поверхностью штабеля, как альтернативный вариант размещению жидких хвостов в «мокром» хвостохранилище внедрено более 25 лет назад [1] и обладает многими преимуществами.

В настоящее время идет поиск и разработка систем складирования сгущенных хвостов в хвостохранилища и на закладку отработанных пространств.

Технология подготовки и гидротранспорт пастообразных материалов требуют специального оборудования для сгущения и перекачки, а также проведения как теоретических , так и экспериментальных исследований для разработки методов расчета транспорта гидросмесей с высокими концентрациями.

Особенностью хвостов переработки полиметаллических руд в том числе Талнахской обогатительной фабрики компании «Норильский никель» медной руды является их тонкоизмельченность. Присутствие мелких шламовых классов твердого материала в объеме гидросмеси определяет ее способность к седиментации, образованию пространственной структуры и гидравлическому транспортированию.

Основными характеристиками хвостов обогащения являются гранулометрический и фазовый состав твердого, седиментационные и вязко-пластичные свойства.

Гранулометрический состав хвостов представлен следующим содержанием частиц по классам крупности, которые представлены в таблице.

Из данных таблицы следует, что в основном твердая фаза представлена мелкими классами: -0,074 мм -79,6%, из которых класс -0,019 мм -53,1%.

Средний диаметр частиц будет равен:

$d_{ср} = \Sigma\, d_i\, P_i / 100 = -0{,}045$ мм

Известно, что жидкости с твердыми частицами малого диаметра могут образовывать суспензии и коллоиды. Анализ гранулометрического состава хвостов переработки позволяет классифицировать гидросмеси на основе этих хвостов как тонкодисперсные [2].

Класс крупности, мм	Содержание, %	Класс крупности, мм	Содержание, %
+0,210	1,33	-0,044+0,030	20,7
-0,210+0,150	4,53	-0,03+0,019	11,27
-0,150+0,100	3,48	-0,019+0,015	8,37
-0,100+0,074	1,33	-0,015+0,010	4,47
-0,074+0,044	9,94	-0,010	34,58

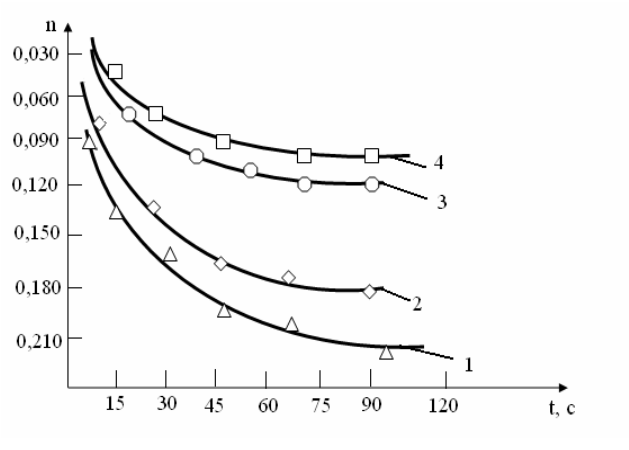

Рис. 1. Зависимость высоты осадка от времени осаждения

При достижении определенных концентраций твердой фазы тонкодисперсные гидросмеси приобретают вязкопластичные свойства и склонность к образованию пространственной структуры. Такие жидкости занимают промежуточную область между телами упругими и вязкими.

При расчете течения вязкопластичных систем известные методики по определению величины критической скорости и удельных потерь напора не могут быть использованы, т.к. в рассмотрение должны приниматься параметры характеризующие реологическую систему, такие как напряжения сдвига, эффективная вязкость, степень разрушения структуры и другие, в общем виде описанные законом Шведова-Бингама.

Кроме гранулометрического состава на свойства гидросмесей оказывает влияние минералогический состав хвостов обогащения, в особенности, наличие в объеме глинистых фракций. Способность твердой фазы гидросмесей осаждаться на дно потока определяют седиментационные характеристики этих смесей. Время осаждения зависит от концентрации твердой фазы. От скорости седиментации зависит на какой период может быть остановлен трубопровод, перекачивающий хвосты обогащения высокой концентрации. Если произошло расслоение гидросмеси остановлением трубопровода, как это обычно бывает при низких концентрациях твердого, то крупная фракция будет оседать и накапливаться в нижней части трубопровода.

В трубопроводах с высокими концентрациями, когда поток останавливается, вся масса, оседает на дно и чистая вода вытесняется наверх, блокируя его возможно полностью. Когда перекачивание возобновляется, вытесненная вода над осевшими хвостами постепенно вымывает их в трубопроводе, в конечном итоге смешиваясь со всем содержимым трубопровода. Давление насоса должно быть достаточным, чтобы возобновить поток хвостов.

По виду седиментационных кривых можно судить о свойствах гидросмесей, о способности их образовывать пространственную структуру.

Для построения седиментационных кривых в мерный цилиндр емкостью 100 см^3 заливалось 50 см^3 дистиллированной воды и добавлялись сухие хвосты обогащения. В процессе исследований фиксировались полная высота содержимого в цилиндре H и высота осадка n через определенный интервал времени. Для каждого замера рассчитывалась величина n, характеризующая относительную высоту осадка в зависимости от времени осаждения. Результаты замеров и расчетов в виде графиков n = f(t) для всех массовых концентраций приведены на рис. 1.

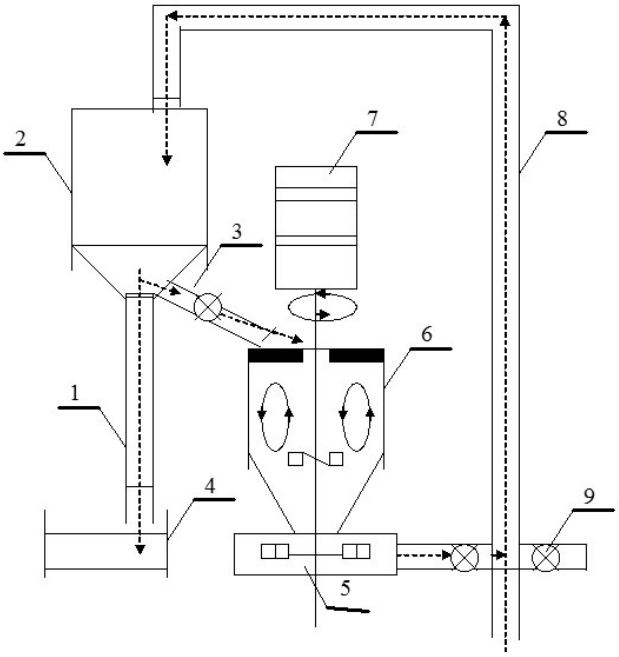

Рис. 3. Схема установки для измерения вязкости гидросмесей: *1* - капилляр; *2* - приемная воронка; *3* - патрубок сливной; *4* - мерная емкость; *5* - насос центробежный; *6* - мешалка; *7* - электродвигатель; *8* - шланг; *9* - пробковые краны

1 – Ср = 25,4 %; 2 – Ср = 32,2 %;

3 – Ср = 39,7 %; 4 – Ср = 47 %.

Анализ седиментационных зависимостей указывает, что с увеличением концентрации твердой фазы гидросмесь приобретает устойчивость, т.е. скорость осаждения уменьшается. Следовательно, при определенных концентрациях основное влияние на свойства гидросмеси хвостов обогащения оказывают мельчайшие частицы твердой фазы.

Как было сказано выше, структурированные гидросмеси при достижении определенной концентрации твердых частиц проявляют вязкопластичные свойства, обусловленные процессами структурообразования в гидросмеси.

Для таких гидросмесей применима зависимость Щведова-Бингама:

$\tau = \tau_0 + \mu\ (dV/dy)$,

где τ_0 – начальное напряжение сдвига, Па; μ – структурная (эффективная) вязкость, Па · с; dV/dy – градиент скорости по сечению потока, $с^{-1}$.

Исследования реологических свойств гидросмеси проводились на установке, представленной на рис. 2.

Установка, представляет собой быстроходную мешалку, из которой взвешенная пульпа подаётся по резиновому шлангу в цилиндр с коническим дном, куда могут вставляться стеклянные трубки различных диаметров. Рядом с

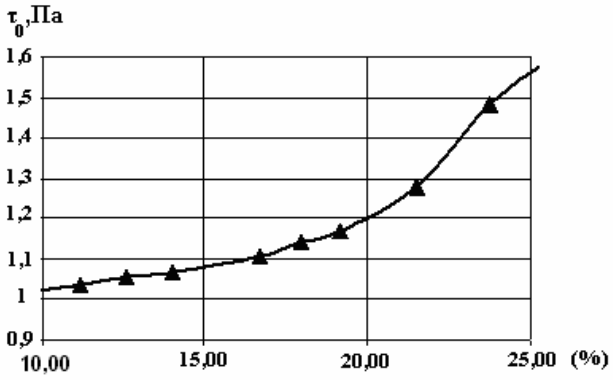

Рис. 4. Зависимость начального напряжения сдвига от объемной концентрации хвостов обогащения

верхним срезом измерительной трубки имеется отверстие большего диаметра для перелива гидросмеси обратно в мешалку по шлангу с зажимом, регулирующим уровень гидросмеси в цилиндре.

Результаты исследований приведены на графике, представленном на рис. 3.

Во время проведения экспериментов использовались твердые фракции с размером от 0,01 до 0,0074 мм. Размер диаметра капиллярной трубки был равен 1,46 мм.

Результаты исследований показали, что при объемной концентрации равной 10-12 % в гидросмеси начинают проявляться вязкопластичные свойства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Robinsky E.I.* Складирование хвостов методом их укладки в сгущенном виде с целью улучшения экономики и регулирования природопользования. 2-й Международный симпозиум по хвостам. Том 2., Денвер, штат Колорадо, 1978.
2. *Смолдырев А.Е.* Трубопроводный транспорт. Недра, 1980, с. 293. ГИАБ

Коротко об авторах

Николаев А.К. – профессор, доктор технических наук,
Авксентьев С.Ю. – аспирант,
Ляшик С. – студент,

Санкт-Петербургский государственный горный институт.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 20 симпозиума «Неделя горняка-2007».
Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.И. Галкин.*

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР РАН			
ХАРИТОНОВА Маргарита Юрьевна	Обоснование возможностей повышения доступности россыпных месторождений при совместной разработке близкорасположенных залежей	25.00.21	к.т.н.