

УДК 66.065.8

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБОВ СГУЩЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Караулова А.Н., аспирант гр. ХТПЭ-23а-1, 1 курс

Научный руководитель: Карапетян К.Г., д.т.н., доцент, зав. каф. Химических
технологий и переработки энергоносителей

Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II
Санкт-Петербург

Введение. Проблемы экологического состояния природной системы и рационального использования ресурсов являются ключевыми во всем мире. Одна из основных проблем в добыче алмазов заключается в преобладании в составе исходного сырья глинистого минерала сапонита, который обладает таким свойством, как высокая устойчивость в водной среде (водоудерживающая способность) [1]. При обработке сырья с использованием воды на предприятии образуются отходы, которые накапливаются в хвостохранилище с большой концентрацией глинистых частиц ежегодно до 1 миллиона тонн, увеличивая его объем. После осаждения глинистой суспензии вода должна повторно использоваться на производстве как оборотная вода. [2].

Но много сапонитового шлама, образующегося на предприятиях, не используется повторно, а складывается из-за особенностей сапонита, который обладает низкой плотностью осадка. Поэтому увеличиваются масштабы антропогенного воздействия на экосистему, заставляющие искать новые способы переработки технологических процессов, которые будут природно- и экономически выгодны [3].

Это подчеркивается необходимостью разработки технологий очистки и переработки воды с содержанием сапонита на алмазодобывающих предприятиях для создания системы водооборота.

В связи с установленными проблемами целью данного исследования является анализ существующих способов переработки сапонит-содержащей суспензии, находящейся в свободном неосаждённом состоянии.

Основная часть. Сапонит представляет собой высокомагнезиальный глинистый минерал, который имеет уникальные свойства, такие как высокая физико-химическая активность, высокая площадь поверхности, гидрофильность, способность набухать и повышать влагоемкость почвы. В состоянии суспензии сапонит может оседать на протяжении десятилетий. Для улучшения этого процесса требуется использовать специальное техническое оборудование и реагенты, способствующие ускорению осаждения твердой фазы [4,5].

Существует множество методов, позволяющих ускорить осаждение частиц сапонита и уплотнить осадок. Рассмотрим некоторые из них.

В одной из работ, автор [6] предложил опробовать метод криогенной обработки для осветления воды в хвостохранилищах алмазодобывающих предприятий. Криогенная обработка используется для очистки и осветления воды путем обработки ее при низких температурах. Этот метод основан на использовании жидкого азота или других криогенных веществ, которые охлаждают воду до температуры, близкой к -196 градусам Цельсия. При таких экстремально низких температурах вода замерзает, что приводит к образованию кристаллов льда. В процессе криогенной обработки микрокристаллы льда адсорбируют загрязнения и примеси, что позволяет очистить и осветлить воду. Вторым этапом идет оттаивание сапонитсодержащей суспензии. В ходе данной обработки происходит разрушение диффузионного слоя частиц, приводящих к образованию сапонитового осадка. Проведенные исследования показали зависимость от скорости слива отделяющейся влаги, более медленная скорость приводит к более плотному осадку. Полученный осадок имеет плотность $0,74$ г/дм³, что в 4 раза больше, чем у исходной суспензии. Плотность осадка является важным параметром, который влияет на качество и структуру получаемого материала. Однако для реализации данного метода требуется специальное оборудование и контроль за процессом охлаждения, что может увеличить затраты на очистку и обработку воды.

Другие исследователи [7] предложили метод карбонизации для повышения скорости очистки отходов и воды в отстойнике. Карбонизация происходит путем добавления чистого диоксида углерода (CO_2) в суспензию содержащую сапонит воду под давлением, что приводит к образованию угольной кислоты. Угольная кислота, образующаяся в результате карбонизации, способствует образованию угольных отложений на поверхности сапонита, что приводит к его отделению от воды и улучшает ее прозрачность. С соединениями Са и Mg, содержащихся в сапоните, происходит образование гидрокарбонатов $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Данные гидрокарбонаты хорошо растворимы в воде. Этот процесс вызывает распад коллоидной структуры из-за перемещения ионов кальция и магния в раствор. Сгущение осадка сапонита происходит в два раза быстрее, чем при естественном осаждении.

Электрохимический метод, предложенный в другой работе [2], для извлечения сапонита из оборотной воды, основан на электрофоретическом выделении сапонита на аноде и осмотическом выделении воды на катоде. Полученные результаты показывают высокое содержание сапонита (до 620 г/дм³ взвеси) в продукте.

В настоящее время набирают большой интерес химические способы сгущения сапонитовой суспензии. К данным способам относят осаждения за счет физико-химических изменений суспензии с помощью коагулянтов и флокулянтов. Коагулянты облегчают слипание твердых частиц в воде, делая их более крупными и легкими для отделения. Этот процесс происходит за счет изменения заряда частиц, что позволяет им притягивать друг друга и образовывать осадок. Флокулянты, в свою очередь, способствуют образованию плотных осадков из коагулированных частиц, улучшая скорость осаждения.

Они помогают сформировать флокулы – крупные агрегаты частиц, которые легко отделяются от воды. Среди таких реагентов можно выделить соли металлов, например, алюминия или железа, а также анионные полимеры, например полиакриламид. То есть регуляторы могут иметь как неорганическую, так и органическую структуру. Например, использование неорганических коагулянтов $AlCl_3$ и Al_2SO_4 увеличивает скорость осаждения в десятки раз при сохранении плотности осадка, достигая скорости 30 см/ч.

Наименее изученным методом для обработки суспензии является кавитационный подход. В настоящее время данный метод - один из инновационных так, как позволяет очистить жидкую суспензию используя физическое воздействие, не прибегая к использованию химических добавок. Кавитационный метод позволяет сохранить высокое качество воды [10].

Кавитация - это физическое явление, заключающееся в образовании пузырьков пара в жидкости или вблизи ее поверхности в результате падения давления до такого уровня, когда происходит переход жидкости в парообразное состояние. Сам процесс кавитации происходит за счет пониженного давления при высоких скоростях потока. В ходе процесса движения воды происходит сжатие кавитационных пустот, то есть водяных парообразных пузырьков. Когда эти пузырьки коллапсируют или взрываются, это приводит к образованию ударных волн. Эти ударные волны могут привести к разрушению поверхности материалов. Применение технологии кавитации на производстве и в научном процессе является высокоэффективным методом. Данный подход показывает отличные параметры качества при производственных химических процессах удалении от твердых веществ и обеззараживании воды.

Одним из примеров служит работа авторов [8], которые рассматривали распад микрочастиц с использованием метода кавитации. Авторы анализировали динамику распада. Установлено, что источник кавитационных явлений смешивается с жидкой суспензией, что приводит к уменьшению размеров частиц.

Так же один автор [9] разработал теорию, объясняющую образование минеральных нано- и микросфер с помощью кавитации. Этот процесс происходит за счет воздействия сильного давления и скорости потока, образуемых при кавитации, что приводит к разрушению частиц до более мелкого размера около десятка микрон и их дальнейшему распределению на отдельные мономинеральные фракции.

Применение данного метода в промышленности позволяет сократить количество отходов, подлежащих утилизации, и обеспечивает возможность повторного использования оборотной воды. Помимо этого, кавитационные технологии также экономически выгодны: затраты на их использование значительно меньше по сравнению с другими методами, что позволяет сократить общие производственные расходы.

Заключение. На основании проанализированной литературы, установлено, что наиболее эффективными методами решения данной проблемы яв-

ляются применение коагулянтов и флокулянтов, а также кавитационная обработка.

Внедрение новых технологических методов позволит обработать сапонитовую пульпу с последующим осаждением, что приведет к изменению физико-химических свойств сгущенного осадка. При этом снизятся экономические затраты предприятия, за счет снижения площади хвостохранилища и техногенное воздействие на окружающую среду.

Список литературы:

1. Наквасина Е. Н. и др. Применение сапонит-содержащих материалов в качестве минерального удобрения при выращивании картофеля в Архангельской области //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 1 (142). – С. 60-68.
2. Chanturiya V. A. et al. Recycling prospects for saponite-containing water at diamond processing plants in Arkhangelsk region, Russia. – 2018.
3. Алексеев А. И., Зубкова О. С., Полянский А. С. Усовершенствование технологии обогащения сапонитовой руды в процессе добычи алмазов //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – №. 1 (205). – С. 74-80.
4. Chernigov D. A. et al. Research into thickening processes of concentrates of gold-bearing ores //iPolytech Journal. – 2021. – Т. 25. – №. 3. – С. 391-401.
5. Damacena D. H. L. et al. Saponite-inspired Materials as Remediation Technologies for Water Treatment: an Overview //Environmental Processes. – 2023. – Т. 10. – №. 1. – С. 15.
6. Minenko V. G. Justification and design of electrochemical recovery of saponite from recycled water //Journal of Mining Science. – 2014. – Т. 50. – С. 595-600.
7. Асончик К. М. и др. Опытнo-промышленные испытания установки по карбонизации пульпы, поступающей в хвостохранилище Ломоносовского Гока //Обогащение руд. – 2016. – №. 1. – С. 47-53.
8. Dvorsky R., Lunacek J., Sliva A. Dynamics analysis of cavitation disintegration of microparticles during nanopowder preparation in a new Water Jet Mill (WJM) device //Advanced Powder Technology. – 2011. – Т. 22. – №. 5. – С. 639-643.
9. Farhat N. et al. Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning //Acta physiologiae plantarum. – 2016. – Т. 38. – №. 6. – С. 145.
10. Небыльцова И. В., Ильина Т. Н. О применения теплого эффекта кавитации при водоподготовке //Наука и современность. – 2016. – №. 46. – С. 91-95.