

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Гольберга Григория Юрьевича

"Развитие теории образования и разрушения флокуляционных структур в процессах разделения суспензий тонкодисперсных продуктов обогащения углей",

представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 25.00.13 "Обогащение полезных ископаемых"

В рецензируемой работе содержатся: введение, пять глав, заключение, приложения, объём - 229 страниц машинописного текста, 81 рисунок, 8 таблиц, список использованных источников, включающий 232 наименования.

Актуальность темы работы

Флокулянты нашли широкое применение в процессах сгущения и обезвоживания продуктов переработки минерального сырья, обеспечивая повышение скорости разделения твёрдой и жидкой фаз, получение обезвоженных осадков и воды, пригодной для повторного использования в обогатительных процессах. Это особенно важно для горно-обогатительных предприятий страны, большинство из которых имеют замкнутую водно-шламовую систему. Теоретические аспекты флокуляции развиты в работах ряда отечественных и зарубежных исследователей. Но при этом остаются не вполне ясными вопросы о физико-химических закономерностях образования агрегатов частиц за счёт мостиковых связей из макромолекул флокулянтов, а также деструкции этих агрегатов. Поэтому для интенсификации водно-шламовых процессов с применением флокулянтов необходимо выявление механизмов и количественных характеристик взаимодействий минеральных частиц с полимерами во взаимосвязи со свойствами этих объектов.

В связи с вышеуказанным, диссертантом сформулирована цель работы: развитие теории поверхностных взаимодействий в дисперсных системах на основе установления новых закономерностей образования и разрушения флокуляционных структур тонкодисперсных продуктов обогащения углей для повышения эффективности технологических процессов: кондиционирования суспензий тонкодисперсных продуктов обогащения углей флокулянтами; транспортирования сфлокулированных суспензий и их разделения на твёрдую и жидкую фазы. Также автором диссертации сформулированы задачи для достижения поставленной цели.

В основу теоретического анализа диссертантом положены известные физико-химические закономерности взаимодействий полимеров с твёрдой фазой в жидкой дисперсионной среде. При этом были учтены не только комплекс

свойств этих фаз, но и их содержание в рассматриваемых системах, а также особенности механизмов взаимодействий для различных случаев.

Оценка внутреннего единства диссертации и полученных результатов

В диссертации представлен логически построенный комплекс решений научных задач, который отвечает требованию внутреннего единства работы: ее актуальности, поставленной цели, полученным результатам. Выполняемые диссертантом исследования отличаются целенаправленностью, взаимосвязанностью и необходимостью для достижения практических результатов и рекомендаций по повышению эффективности технологических процессов: кондиционированию суспензий тонкодисперсных продуктов обогащения углей флокулянтами; транспортирования сфлокулированных суспензий и их разделения на твердую и жидкую фазы. Диссертантом последовательно развивается теория образования и разрушения флокул, выявляются особенности их строения и закономерности выделения влаги при обезвоживании. Разрабатываются рекомендации по повышению эффективности обезвоживания суспензий низкочольных угольных продуктов и обогащения шлама селективной флокуляцией.

Основные результаты исследования и научная новизна работы

В первой главе на основании анализа литературы диссертантом был сделан вывод о недостаточной изученности ряда вопросов теории флокуляции минеральных частиц. В соответствии с этим были определены направления исследований для достижения цели, поставленной в работе:

- выявление количественных характеристик условий взаимодействия минеральных частиц с флокулянтами;
- установление кинетических параметров и структуры агрегатов частиц ортокинетического и перикинетического процессов;
- установление кинетических закономерностей выделения влаги из флокуляционных структур в процессе механического синерезиса;
- выявление механизма разрушения и определение количественных характеристик прочности флокул под действием сдвига для установления условий, позволяющих обеспечить сохранение структуры флокул;
- построение развитой теории образования и разрушения флокуляционных структур тонкодисперсных продуктов обогащения углей;
- разработка методического подхода к определению условий эффективного применения флокулянтов в процессах обезвоживания суспензий с учётом структурно-механических и фильтрационных характеристик осадков.

Во второй главе выполнен теоретический анализ образования и разрушения флокуляционных структур. На основании расширенной теории ДЛФО в сочетании с предложенным диссертантом расчётным уравнением для определения минимального диаметра частиц, участвующих в процессе мостиковой флокуляции, определены условия, при которых процесс образования агрегатов части происходит беспрепятственно или затруднён. Исходя из этого, теоретически показана возможность разделения селективной флокуляцией смеси минералов, существенно отличающихся друг от друга по поверхностным свойствам. В качестве подтверждения этого положения диссертант приводит примеры расчётов взаимодействия различных минералов и флокулянтов (приложение Б).

На основании закономерностей течения жидкостей в капиллярно-пористых системах выведено кинетическое уравнение, характеризующее изменение влажности флокуляционных структур при механическом синерезисе.

Анализ состояния предельного напряжения флокуляционных структур при сдвиге позволил установить, что величина предельного динамического напряжения сдвига, являющаяся наиболее существенной характеристикой прочности структуры, возрастает с увеличением расхода флокулянта и убывает с увеличением диаметра частиц твёрдой фазы. С учётом этого выведено уравнение, позволяющее рассчитать режим течения суспензий, обработанных флокулянтами, благоприятный для сохранения флокуляционных структур.

Третья глава содержит экспериментальные данные, подтверждающие выводы теоретических исследований.

- На примере угольного шлама ОФ "Распадская" показана возможность разделения угольной и породной фракций анионоактивным флокулянтом, что было теоретически обосновано с применением расширенной теории ДЛФО в главе 2.

- Подтверждена кинетическая зависимость, характеризующая изменение влажности флокуляционных структур угольных частиц в процессе механического синерезиса.

- Установлены реологические характеристики суспензии угольного флотационного концентрата с применением флокулянта и определены значения предельного динамического напряжения сдвига, не противоречащие теоретически рассчитанным.

- Установлен характер зависимостей удельного объёмного сопротивления осадка от реагентного режима флокуляции и получены данные для расчёта ожидаемых значений технологических показателей работы ленточных фильтр-прессов.

Четвёртая глава посвящена обоснованию и разработке методического подхода для оценки эффективности применения флокулянтов для обезвоживания суспензий. Также диссертантом выведено уравнение для расчёта параметров режима работы ленточного фильтр-пресса.

В пятой главе содержатся результаты опытно-промышленных испытаний технологий обезвоживания суспензий продуктов обогащения углей с применением флокулянтов, а также обоснованы рекомендации по повышению эффективности процессов флокуляции на ленточных фильтр-прессах в промышленных условиях.

Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей образования и разрушения флокуляционных структур.

- Предложен аналитический подход для определения условий, благоприятных для агрегирования частиц и возможности селективной флокуляции.
- Установлены порядок, время протекания и особенности строения агрегатов частиц ортокинетической и перикинетической флокуляции.
- Определены кинетические закономерности механического синерезиса флокул.
- Установлен характер зависимости прочности флокуляционных структур от расхода флокулянта и крупности минеральных частиц.
- Выведено уравнение, позволяющие определить параметры режима течения суспензий, благоприятного для сохранения агрегатов частиц.

Таким образом, в работе решена важная научная проблема: установлена взаимосвязь условий образования и разрушений флокуляционных структур, свойств фаз, входящих в их состав, и технологических показателей процессов обезвоживания.

Практическое значение работы:

- в соответствии с предложенным методическим подходом были обоснованы рациональные значения параметров процесса флокуляции и обезвоживания на ленточных фильтр-прессах тонкодисперсных суспензий продуктов обогащения углей обогатительных фабрик "Нерюнгринская" и "Печорская".
- расчёты по расширенной теории ДЛФО и результаты экспериментальных исследований подтвердили возможность обогащения угольного шлама ОФ "Распадская" селективной флокуляцией;
- уравнение для расчёта режима течения суспензии с учётом предельного динамического напряжения сдвига позволяет определить максимальное допустимое значение скорости с учётом расхода флокулянта на стадии проектирования обогатительных предприятий.

Также теоретические результаты, полученные диссертантом, используются в учебном процессе МГТУ им. Г.И. Носова.

Замечания по диссертационной работе.

1) Стр. 76. Дается анализ взаимодействия компонентов во флокуляционных системах и выявление условий образования флокуляционных структур. Перечислены составляющие энергии взаимодействия объектов дисперсной фазы: электростатической, молекулярной и гидрофобной. Применение этих составляющих оправдано. Во взаимодействии макромолекулы полимера с дисперсной частицей рассматриваются те же самые составляющие. Автор не рассматривает взаимодействие функциональных групп флокулянта с функциональными группами минерала. Известно, что карбоксильные группы, сульфогруппы и другие могут образовывать химические связи с флокулируемыми частицами. Донорно-акцепторные свойства флокулируемых частиц можно определить, используя экспериментальные методы по смачиванию порошков тестовыми жидкостями.

2) Автор рассматривает практически один механизм разрушения флокул, который обусловлен сдвиговой деформацией. Данный механизм применим при сравнительно малых динамических силах в сравнении с вязкостными. Не рассматривается механизм, связанный с турбулентными пульсациями потока и колебательным движением частиц, содержащихся во флокуле.

3) После разрушения в турбулентном потоке флокул, образованных ионогенными флокулянтами, повторное их образование затруднено, с чем это связано?

4) Электростатическая связь функциональных групп флокулянта и функциональных групп частиц минерала для случая одноименных зарядов осуществляется посредством противоионов (см. стр. 94). Дзета-потенциалы минералов преимущественно отрицательные (см. табл. 1.1). С какими явлениями связана перезарядка минералов противоионами и появлением сил притяжения анионного флокулянта?

5) Неясны причины, обуславливающие неудовлетворительную селективность обогащения угольного шлама ОФ "Распадская" флотацией. Во флотации имеется целый комплекс мер по повышению качества флотационного концентрата.

6) По тексту диссертации встречаются предложения, в которых единицей измерения молекулярной массы является кг/кмоль. Это единица измерения молярной массы.

7) Было бы желательно указать в диссертации интервалы значений диаметра флокул, полученных применением индивидуальных флокулянтов и их комбинаций.

8) Текст, приведенный на страницах 31, 32, в основном повторяется на страницах 79, 80.

9) Почему количество прокаток осадка зависит от времени дренирования? (стр. 117 диссертации).

Отмеченные недостатки носят частный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертационной работы.

Основные её положения раскрыты в 22 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, 3 патентах, одном учебном пособии.

Диссертационная работа Г.Ю. Гольберга является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей решение важной проблемы по установлению новых закономерностей образования и разрушения флокуляционных структур во взаимосвязи с комплексом свойств твёрдой, жидкой фаз суспензий и флокулянтов. Работа соответствует требованиям пп. 9-14 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям.

Автор работы Гольберг Григорий Юрьевич заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 25.00.13 "Обогащение полезных ископаемых".

Официальный оппонент,
главный научный сотрудник
Института горного дела
им. Н.А. Чинакала СО РАН,
докт. техн. наук.



С.А. Кондратьев

630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 54.
Тел. 8-383-205-30-30, добавочный 120.

04.02.2020 г.

Подпись д.т.н. Кондратьева С.А. удостоверяю
Зам. директора ИГД СО РАН



В. С. Ильин