

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЛАБОРАТОРНОЙ МОДЕЛИ ПРОМЫВОЧНОГО АППАРАТА В ВОДО-ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ ПОСЛЕ ИХ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ*

Матвеев А.И.¹, Ширман Г.В.²

¹Матвеев Андрей Иннокентьевич - доктор технических наук, главный научный сотрудник;

²Ширман Григорий Владимирович – младший научный сотрудник,
Лаборатория обогащения полезных ископаемых,
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского
Сибирское отделение Российской академии наук,
г. Якутск

Аннотация: в статье представлены результаты экспериментальных исследований на лабораторной модели аппарата дезинтеграции и классификации по оценке влияния криогенной обработки на механизм диспергирования глинистых материалов в водо-воздушной среде. В процессе исследований установлено, что цикличные знакопеременные воздействия способствуют увеличению эффективности классификации с последующим отделением глинистых фракций из продуктивных песков аппарата.

Ключевые слова: глина, криогенная обработка, дезинтеграция, замораживание, оттаивание, промывка, водо-воздушная среда.

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE DISINTEGRATION OF CLAY MATERIALS IN A LABORATORY MODEL OF A WASHING DEVICE IN A WATER-AIR ENVIRONMENT AFTER THEIR CRYOGENIC TREATMENT

Matveev A.I.¹, Shirman G.V.²

¹Matveev Andrey Innokentievich - Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher;

²Shirman Grigoriy Vladimirovich - Junior Researcher,
LABORATORY OF MINERAL PROCESSING,
INSTITUTE OF MINING OF THE NORTH NAME OF N.V. CHERSKY
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES,
YAKUTSK

Abstract: the article presents the results of experimental studies on a laboratory model of the disintegration and classification device to assess the effect of cryogenic treatment on the mechanism of dispersion of clay materials in a water-air environment. In the course of research, it was found that cyclic alternating effects contribute to an increase in the efficiency of classification, followed by the separation of clay fractions from the productive sands of the device.

Keywords: clay, cryogenic treatment, disintegration, freezing, thawing, washing, water-air environment.

УДК 622.361.1

В процессах обогащения полезных ископаемых основная роль дезинтеграции заключается в высвобождении полезных минеральных компонентов из связующей глинистой массы для последующего их разделения по физическим и физико-химическим характеристикам [1]. Эффективность диспергирования песчано-глинистых смесей зависит не только от минерального и гранулометрического состава, применяемого способа дезинтеграции, но и от таких факторов как предварительная обработка промываемого материала. Одним из вариантов повышения эффективности дезинтеграции применительно к высокоглинистым пескам, является их криогенная подготовка, что для условий Севера вполне реально [2].

Результаты ранее проведенных экспериментальных исследований на лабораторной модели глухого промывочного барабана по оценке влияния криогенной обработки на динамику формирования и разрушения плотных глинистых агрегатов показали, что циклические знакопеременные воздействия на глинистые агрегаты оказывают существенное влияние на адгезионные свойства материала при его промывке, увеличение количества циклов сокращает время диспергации и уменьшает интенсивность набора массы комков, что исключает образование в процессе промывки окатышей, и сокращает потери ценных компонентов [3].

В ИГДС СО РАН разработан новый аппарат дезинтеграции и классификации (АДК), состоящий из неподвижного наклонного грохота, воздушного коллектора, бункеров для разгрузки галечной и отмытой песковой фракций, отличающийся тем, что шахта усечена, и корпус аппарата представляет собой ванну, имеющую в вертикальном сечении форму трапеции, со сливном порогом, поверх которой установлена наклонная колосниковая решетка со смонтированным над ней рядом оросителей, с возможностью направленного нагнетания струй воды в сторону решетки. Защищен патентом РФ № 147968.

Разработанный аппарат обеспечивает непрерывный процесс дезинтеграции – материал, перемещающийся самотеком по наклонной плоскости классифицирующей поверхности, направленной в сторону разгрузки, интенсивно размывается под действием струй воды, крупная фракция, отмытая от глины, выводится в галечный отвал, а мелкая фракция поступает на дальнейшую классификацию и дезинтеграцию в ванне в режиме барботажа, откуда шламистые фракции с водой непрерывно удаляются через сливной порог. Схема работы аппарата представлена на рисунке 1.

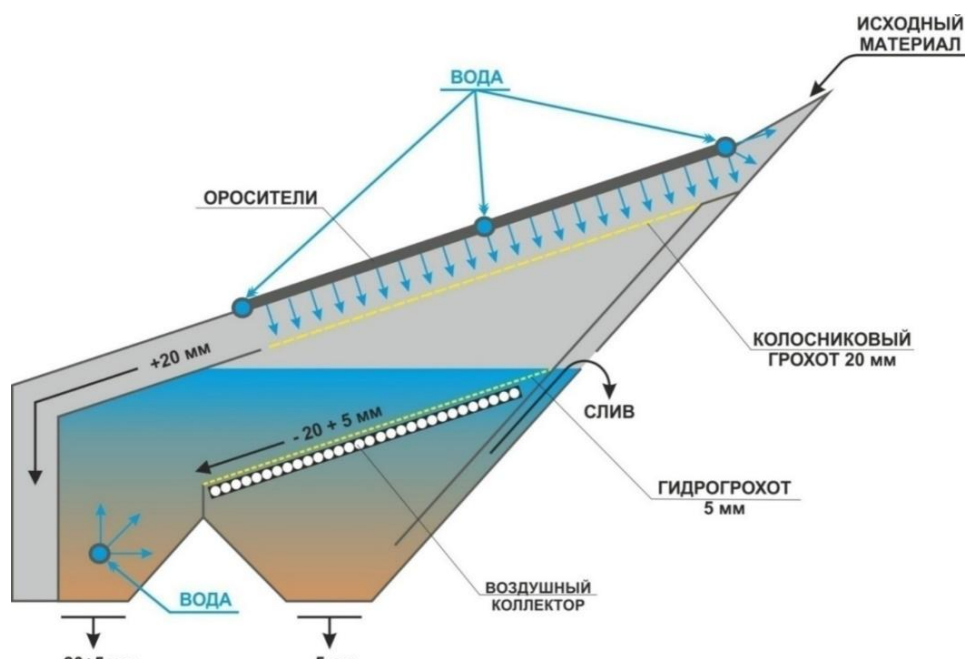


Рис. 1. Схема работы аппарата дезинтеграции и классификации

Для проведения исследований процесса промывки глинистых материалов была изготовлена лабораторная модель аппарата. Корпус модели выполнен из органического стекла. Колосниковая решетка изготовлена из стальных полос, размер щели 10 мм, а сито гидрогрохота из сетки с размером ячеек 3 мм. Конструкция модели позволяет менять угол наклона колосниковой решетки и загрузочного лотка. Оросители выполнены из труб ПВХ. Воздушный коллектор изготовлен из силиконовых труб и пластиковых фитингов. Подвод воздуха осуществляется компрессором СО-45А (давление 0,2 Мпа, максимальный расход 40 л/мин).

Цель проведенных исследований заключается в оценке влияния криогенной подготовки исходных глинистых песков на характер их диспергирования в водо-воздушной среде.

Экспериментальные исследования механизмов дезинтеграции глинистых материалов в лабораторной модели нового промывочного аппарата в водо-воздушной среде после их криогенной обработки проводились следующим образом.

В качестве исходного сырья в экспериментах применялись высокодисперсные глинистые пески с месторождения р. Б.Куранах (Алданский район, Республика Саха (Якутия), из которого изготавливались искусственные песчано-глинистые смеси крупностью -30 мм определенной влажности и гранулометрического состава. Затем образцы загружались в герметичные контейнеры и подвергались циклическому замораживанию в холодильной камере при температуре 253 К и оттаиванию в лабораторном помещении при 293 К. Количество циклов от 1 до 4, время выдержки на промерзание и оттаивание составляло 12-15 часов на каждый цикл. Наряду с образцами, подвергнутыми криогенной обработке, испытанию подвергались образцы во влажном состоянии, но не подвергнутые проморозке.

Качественная оценка технологического процесса дезинтеграции оценивалась по конечному разделению продуктов дезинтеграции классификацией, т.е. эффективности грохочения по классам 10 мм (E_{10}) и 3 мм (E_3), рассчитываемой по формуле:

$$E = \frac{(\alpha - \beta) \cdot 10^4}{(100 - \beta) \cdot \alpha},$$

где: α – содержание расчетного мелкого класса в исходном питании, %;

β – содержание этого же продукта в надрешетном продукте, %.

Кроме того, эффективность дезинтеграции оценивалась по остаточному содержанию шламистых фракций класса -0,05 мм в продуктивных песках АДК – класс -5+0 мм.

В коллектор АДК подается воздух из компрессора СО-74А (давление 0,2 мПа, максимальный расход 40 л/мин), ванна аппарата заполняется водой через питающий патрубок, создается барботажная среда дезинтеграции. На приемный лоток загружается песчано-глинистая смесь.

Исходные пески самотеком перемещаясь по колосниковой решетке АДК дезинтегрируются под действием струй воды, поданной из оросителей, происходит первый этап классификации – отмытый от

глинистых примазок крупнообломочный материал и галля крупностью -30+10 мм сбрасываются в отвал, а фракция -10+0 мм поступает в ванну аппарата, где в водно-воздушной среде на гидрогрохоте проходит дальнейшая промывка - в режиме барботажа интенсифицируется разупрочнение материала с высвобождением мелких и тонких классов. Одновременно происходит второй этап классификации – класс -10+3 мм непрерывно выгружается в галечный отвал, а подрешетный продукт крупностью менее 3 мм выводятся из процесса и поступают на гранулометрический анализ. Одновременно через сливной порог нижней части дезинтегратора происходит непрерывное удаление шламистых фракций в слив. Продукты АДК (отвальные фракции -30+10 мм, -10+3 мм, продуктивные пески) исследовался согласно методике.

Экспериментальные работы посвящены изучению воздействия циклов замораживания-оттаивания высокодисперсных глиносодержащих песков при исходной влажности, ограниченной от 15% до 25% (область пластичного состояния высокоглинистых материалов) на процесс их дезинтеграции в аппарате дезинтеграции и классификации.

В первой части экспериментов исследовались образцы с заданной влажностью 25%, в зависимости от содержания глины в исходных образцах процесс дезинтеграции протекал по-разному. Исследования показали, что криогенная обработка способствует увеличению эффективности классификации и удалению из продуктивных песков АДК тонких фракций в слив.

Так, образцы с содержанием глинистых частиц 25% без криогенной подготовки приемлемо промывались: эффективность грохочения $E_{10}=95\%$ и $E_3=80\%$, при содержании в продуктивных песках класса -0,05 мм 10%. При промораживании и оттаивании до 2 циклов показатели промывки менялись не значительно: $E_{10}=95\%$ и $E_3=80-85\%$, содержание -0,05 7-10%, что, соответственно, говорит о не существенном влиянии криогенной подготовки на данный тип сырья при влажности 25%.

Во второй части исследований, при повышении содержания в исходных песках глинистых частиц до 35%, промывка, без криогенной обработки образцов, характеризовалось малой эффективностью: $E_{10}=70\%$ и $E_3=70\%$, при содержании в продуктивных песках класса -0,05 мм 30%. Подобные значения говорят низком качестве грохочения и дезинтеграции, и, как следствие, возможных значительных потерях ценного компонента с не промытым материалом. Однако, после криогенной обработки эффективность дезинтеграции увеличивалась и после 3 циклов проморозки-оттайки достигла приемлемых значений: $E_{10}=90\%$ и $E_3=90\%$, при содержании в продуктивных песках класса -0,05 мм 15%, что указывает на положительное влияние предварительной криогенной подготовки на показатели эффективности промывки. Результаты исследований представлены на рисунках 2, 3, 4.

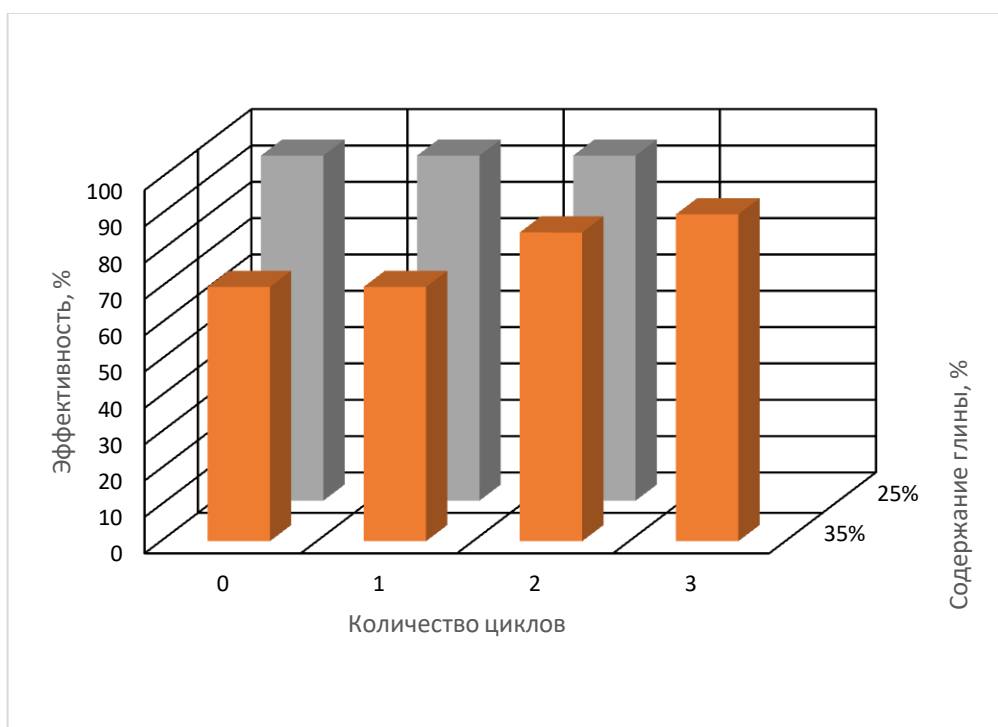


Рис. 2. Эффективность грохочения по классу 10 мм от исходного содержания глинистых частиц и количества циклов замораживания оттаивания при исходной влажности 25%

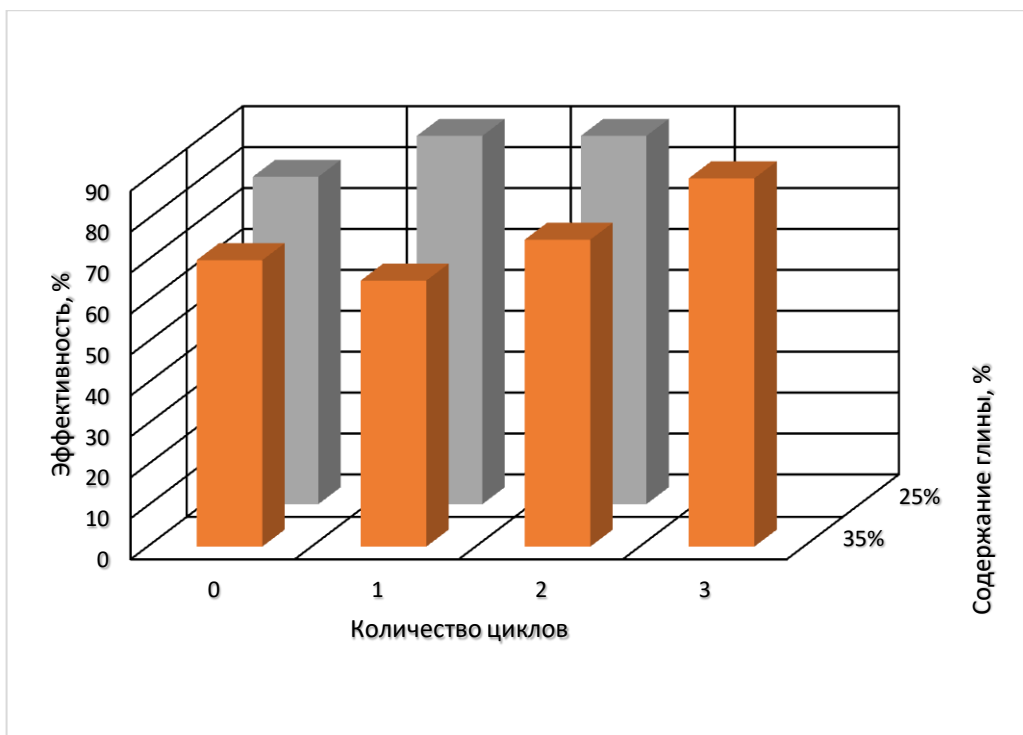


Рис. 3. Эффективность грохочения по классу 3 мм от исходного содержания глинистых частиц и количества циклов замораживания оттаивания при исходной влажности 25%

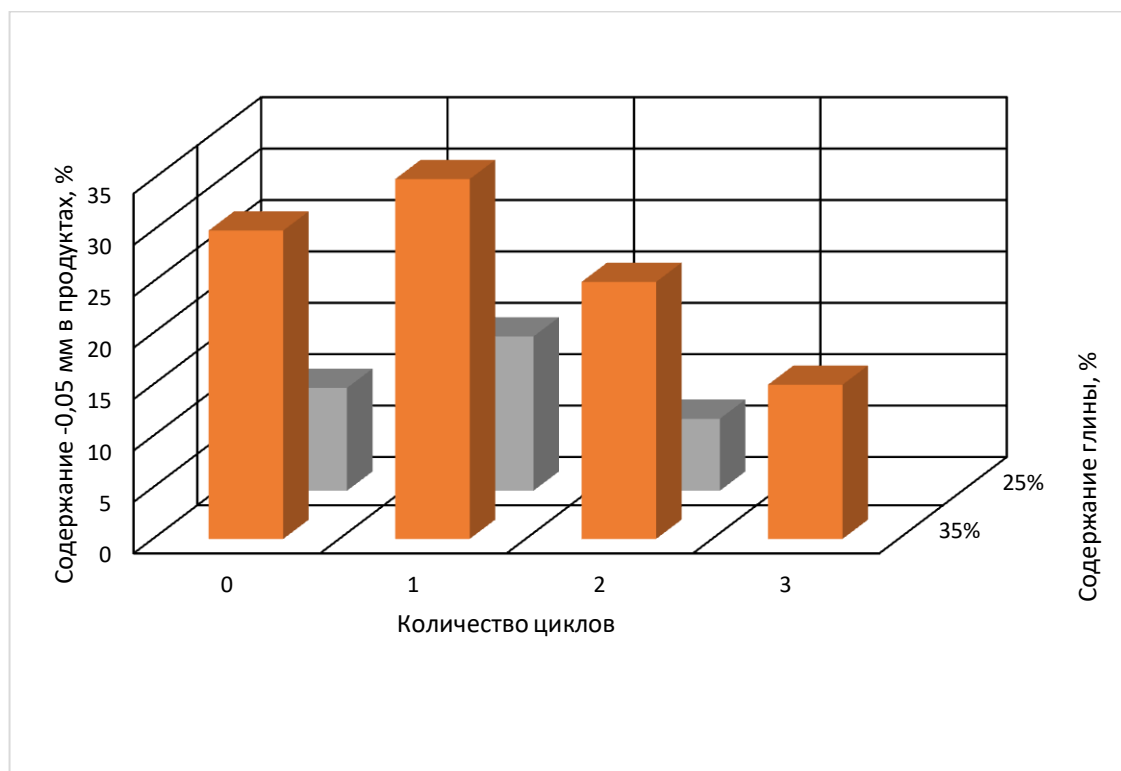


Рис. 4. Содержание глинистых частиц -0,05мм в продуктивных песках от содержания глинистых частиц в исходных песках и количества циклов замораживания-оттаивания при влажности 25%

Экспериментальные исследования механизмов дезинтеграции глинистых материалов в лабораторной модели нового промывочного аппарата в водо-воздушной среде после их криогенной обработки показали, что циклические знакопеременные воздействия способствуют увеличению эффективности грохочения с последующим отделением глинистых фракций из продуктивных песков.

*Исследования выполнены по гранту РФФИ №№ 18-45-140004 p_a».

Список литературы / References

1. *Вайсберг Л.А., Загоратский Л.П.* Основы оптимальной дезинтеграции минералов // ФТПРПИ, 2003. № 1. С. 99–106.
2. *Курилко А.С.* Экспериментальные исследования влияния циклов замораживания-оттаивания на физико-механические свойства горных пород. // Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. 154 с.
3. *Shirman G.V.* Effect of cryogenic treatment on disintegration of clay aggregates in washing drum // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 262, Issue 1, 3 June 2019, SCOPUS 012071, 2019.