

Г.В. Ширман, А.И. Матвеев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ ВЛАЖНЫХ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ПЕСКОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ ОКАТЫШЕЙ ПРИ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ В БАРАБАННЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ МАШИНАХ

Представлены исследования адгезионных свойств глинистых агрегатов в процессе дезинтеграции при предварительной криогенной обработке. Ставилась задача выявить особенности изменения адгезионных свойств высокодисперсных геоматериалов при криогенной обработке и определить значимые факторы криогенной обработки песков (время, температура, количество циклов промораживания и оттайки) влияющих на динамику формирования и разрушения плотных глинистых агрегатов в процессе промывки в машинах барабанного типа. Испытания проводились на лабораторной модели промывочного барабана. Исследовались глинистые комки в воздушно-сухом и водонасыщенном состоянии с предварительной криогенной обработкой и без. Комки загружались в барабан с водноглинистой смесью заданной влажности, имитирующей промывочную среду, после чего замерялось время за которое они размокали. Установлено, что после 3 циклов замораживания-оттаивания в диапазоне температур 243–293 К высокоглинистый комок разрушается на первой минуте дезинтеграции, что в последующем исключает образование уплотненного окатыша. Комки без криогенной обработки в первые минуты накапливали непромытый материал, размокая на 10 мин; образцы, промываемые после 1 цикла размораживая-оттаивания так же проявляли адгезионные свойства, набирая массу, но при этом размокали к 20 мин. Ключевые слова: глина, глинистые окатыши, замораживание, оттаивание, промывочный барабан, скруббер, дезинтеграция, высокоглинистые пески.

Степень дезинтеграции песков с высоким содержанием илисто-глинистой фракции зависит как от физико-механических особенностей промываемого материала, так и от методов промывки, реализуемых в аппаратах различного типа (барабанные, корытные, вибрационные и т.п.).

Широко применяемые, в настоящее время, промывочные машины барабанного типа обеспечивают высокое качество при диспергировании легко- и среднепромывистых песков, но для высокоглинистых материалов эффективность дезинтеграции резко понижается, при этом, в процессе работы формируются плотные глинистые агрегаты – прочные комки сферической формы (окатыши), которые выводят в галечные отвалы ценные компоненты, либо, попадая на обогатительное оборудование нарушают его работу и уходят в хвосты.

Одним из вариантов повышения эффективности дезинтеграции таких высокодисперсных геоматериалов как глинистые частицы, является предварительная криогенная обработка, что для условий Севера вполне реально и рационально.

Изучению криогенного воздействия на глины посвящено много работ как отечественных [1–6], так и зарубежных исследователей [7–10]. Однако, большинство научных изысканий касались изучения структурных изменений глинистых материалов в статичной среде без привязки к процессу промывки. Исследования же криогенной подготовки для разупрочнения песков перед дезинтеграцией были направлены на изучение процесса диспергации в водо-воздушной среде [11], предварительной подготовки горного массива [12] и т.д. Данные исследования направлены на изучение влияния промораживания песков на процесс их дезинтеграции в динамической среде, в частности в машинах скрубберного типа.

Ранее проведенные исследования позволили выделить три этапа в формировании окатыша в процессе промывки в глухом промывочном барабане – стадия набора веса, уплотнения и разрушения [13]. Цель нового цикла исследований заключается в оценке влияния криогенной подготовки исходных глинистых комков на характер поведения глинистого комка в процессе промывки в аппаратах барабанного типа, при этом выявив особенности изменения адгезионных свойств высокодисперсных геоматериалов и определить значимые факторы криогенной обработки песков (время и температура, количество циклов промораживания и оттайки) влияющих на динамику формирования и разрушения плотных глинистых агрегатов.

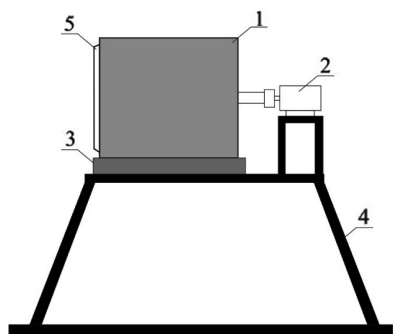


Рис. 1. Схема и общий вид лабораторной модели промывочного барабана

Эксперименты проводились на лабораторной модели промывочного барабана (рис. 1), состоящей из глухого барабана 1, привода 2, опорных роликов 3, рамы 4 и герметичной крышки 5.

Для проведения исследований были изготовлены комки из высокоглинистого материала месторождения р. Б. Куранах (Алданский район, Республика Саха (Якутия)). Содержание тонких фракций $-0,05$ мм в исходных песках составляет 45%, фракция $+2$ мм была предварительно отсеяна. Влажность полученных комков составила 25%, масса 120 г. Часть комков была высушена до воздушносухого состояния, другая поступила на криогенную подготовку, так же исследовались комки без криогенной подготовки. Проморозка образцов проходила на улице в герметичных контейнерах при температуре 243 К в течение 12 ч, оттайка в лабораторном помещении при температуре 293 К так же в герметичных контейнерах.

Для определения динамики формирования окатыша в процессе промывки, глинистый комок с определенными свойствами (вес, влажность, с предварительной криогенной обработкой и без) загружался в глухой барабан с водноглинистой смесью (песчано-глинистая смесь 660 г с содержанием класса $-0,05$ мм 10%, галля крупностью $-5+2$ мм 340 г) с заданной влажностью 50%, имитирующую промывочную среду. С интервалом 5 мин комок извлекался и взвешивался.

Исследования динамики формирования окатыша в глухом промывочном барабане позволили выявить существенное влияние предварительной криогенной обработки на процесс разрушения плотных глинистых агрегатов.

Как показали экспериментальные исследования воздушно-сухие комки в процессе дезинтеграции не размокали и не раз-



Рис. 2. Размокнувший комок без криогенной обработки

рушались в течении часа, а также не проявили существенных адгезионных свойств по формированию окатыша, в то время как комки с влажностью 25% и без криогенной обработки в первые минуты набрал в среднем 20% массы, размокнув на 10 мин, приобретая форму сдавленной сферы (рис. 2).

Образцы промываемые после 1 цикла размораживая-оттаивания так же проявляли адгезионные свойства, набирая массу, но при этом стали более устойчивы к дезинтеграции — комки размокли и потеряли набранный материал к 20 мин. После 2 циклов образцы стали менее устойчивы к промывке — размокали и приобретали пластичную форму в течение 5 мин. Экс-

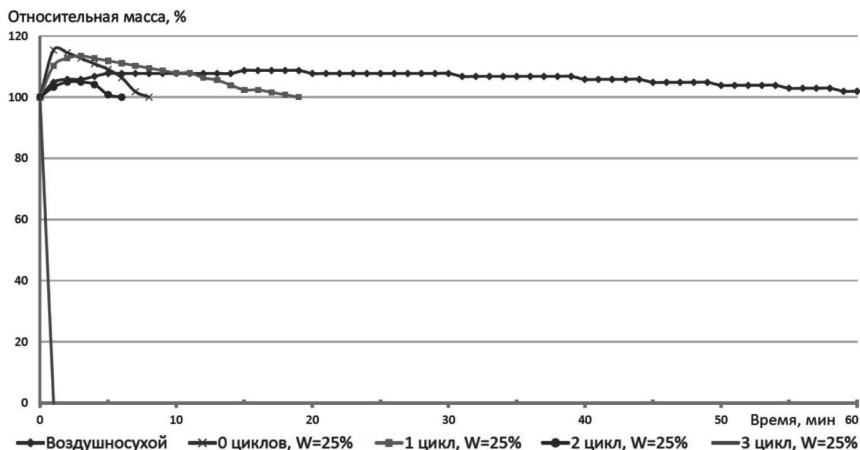


Рис. 3. Динамика формирования и разрушения особоплотных глинистых агрегатов в промывочном барабане при различных методах подготовки исходного материала

перименты показали, что наиболее эффективная дезинтеграция достигается после 3 циклов замораживания-оттаивания – комки полностью растворялись в течении минуты.

Результаты экспериментов приведены на рис. 3.

Исследованиями по оценке влияния криогенной обработки влажных комковидных высокоглинистых песков на процесс дезинтеграции в глухом промывочном барабане было экспериментально установлено, что после 3 циклов замораживания-оттаивания в диапазоне температур от 243 К до 293 К высокоглинистый комок моментально разрушается на первой минуте дезинтеграции, что в последующем исключает образование уплотненного окатыша.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ершов Э.Д.* Влагоперенос и криогенные текстуры в дисперсных породах. – М.: МГУ, 1979. – 214 с.

2. *Цытович Н.А.* Механика мерзлых грунтов: общая и прикладная : учебное пособие для инженерно-строительных вузов, 2-е изд. – М.: Либроком, 2009. – 445 с.

3. *Баласников Г.Г.* Исследование размокаемости мерзлого грунта при его оттаивании / Проблемы северного строительства. – Красноярск, 1973. – С. 163–171.

4. *Гольдштейн М.Н.* Механические свойства грунтов. – М.: Стройиздат, 1971. – 366 с.

5. *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.

6. *Бейлин А.Ю.* Технология дезинтеграции высокоглинистых песков россыпей золота, олова и алмазов в водовоздушной среде. – Якутск, 1988. – 43 с.

7. *Yıldız M., Soğancı A.S.* Effect of freezing and thawing on strength and permeability of lime-stabilized clays // *Scientia Iranica*. 2012. Vol. 19, Is. 4, pp. 1013–1017.

8. *Ergulera Z.A., Ulusay R.* Assessment of physical disintegration characteristics of clay-bearing rocks: Disintegration index test and a new durability classification chart // *Engineering Geology*. 2009. Vol. 105, Is. 1–2, pp. 11–19.

9. *Ergulera Z.A., Shakoorb A.* Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks // *Engineering Geology*. 2009. Vol. 108, Is. 1–2, pp. 36–42.

10. Zhen-Dong Cui, Peng-Peng He, Wei-Hao Yang. Mechanical properties of a silty clay subjected to freezing–thawing. 2014. *Cold Regions Science and Technology*. Vol. 98, pp. 26–34.

11. *Захарова С.М.* Влияние минерального состава и физического строения высокоглинистых материалов на процесс дезинтеграции в водовоздушной среде. Автореф. дис. канд.тех.наук. – Якутск: ИГДС АН СССР, 1989. – 22 с.

12. Кисляков В. Е., Катарев С. В., Шакина Ю. В., Коростовенко В. В. Разработка технологии криогенного разупрочнения глинистых золотосодержащих песков / Проблемы геологии и освоения недр. – Томск: ТПИ, 2001. – С. 661–662.

13. Матвеев А. И., Ширман Г. В. Динамика формирования глинистого окатыша в процессе дезинтеграции высокоглинистых песков в промывочном барабане // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 10. – С. 266–268. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Ширман Григорий Владимирович*¹ – младший научный сотрудник, e-mail: shirman@inbox.ru,

*Матвеев Андрей Иннокентьевич*¹ – доктор технических наук, академик Академии Наук Республики Саха (Якутия), старший научный сотрудник, e-mail: andrei.mati@yandex.ru,

¹ Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения РАН), e-mail: igds@ysn.ru.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 2, pp. 369–375.

UDC 622.361

G.V. Shirman, A.I. Matveev

EFFECT OF CRYOGENIC TREATMENT OF HIGHLY DISPERSED WET SANDS ON FORMATION AND DISINTEGRATION OF CLAY BALLS IN DRUM WASHERS

The article presents a study of the adhesive properties of clay aggregates in the process of disintegration with prior cryogenic treatment. The objective of the research is to reveal peculiarities of changes in the adhesive properties of highly dispersed geo-materials with cryogenic treatment and to identify significant factors cryogenic treatment of the Sands (time and temperature, number of cycles of freezing and thawing) affecting the dynamics of formation and destruction of dense clay aggregates in the washing process in machines of the drum type. The tests were conducted on a laboratory model of the washing drum. As test material were used lumps of clay in air-dry and water-saturated condition prior cryogenic treatment and without. During the experiments, the clumps were loaded into the drum with water-clay mixture set humidity, simulating the flushing medium, then measured the time for which they were soaked. Studies evaluating the effect of cryogenic treatment of wet lumpy highclayed sand on the process of disintegration in the washing drum has been experimentally found that after 3 freeze-thaw cycles in the temperature range of cycles from 243 K to 293 K clay lump instantly destroyed in the first minute of disintegration, which subsequently eliminates the formation of the densified clay rolls. At the same time, the lumps without cryogenic treatment in the first minutes accumulated are not washed material, soaked for 10 minute, the samples, after 1 wash cycle freezing and thawing also showed adhesive properties, gaining weight, but become more resistant to disintegration of the lumps were soaked for 20 minute.

Key words: clay, clay rolls, freezing, thawing, washing drum, scrubber, disintegration, high clayed sands.

AUTHORS

Shirman G. V.¹, Junior Researcher,

e-mail: shirman@inbox.ru,

Matveev A. I.¹, Doctor of Technical Sciences,

Academician of Academy of Sciences

of the Republic of Sakha (Yakutia),

Senior Researcher, e-mail: andrei.mati@yandex.ru,

¹ N. V. Chersky Institute of Mining of the North,

Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

677980, Yakutsk, Russia, e-mail: igds@ysn.ru.

REFERENCES

1. Ershov E. D. *Vlagoperenos i kriogennye tekstury v dispersnykh porodakh* (Moisture transfer and cryogenic textures in dispersed rocks), Moscow, MGU, 1979, 214 p.
2. Tsytoich N. A. *Mekhanika merzlykh gruntov: obshchaya i prikladnaya: uchebnoe posobie dlya vuzov, 2-e izd.* (Permafrost engineering: general and applied: Higher educational aid, 2nd edition), Moscow, Librokom, 2009, 445 p.
3. Balyasnikov G. G. *Problemy severnogo stroitel'stva* (The problems of Northern construction), Krasnoyarsk, 1973, pp. 163–171.
4. Gol'dshteyn M. N. *Mekhanicheskie svoystva gruntov* (Mechanical properties of soils), Moscow, Stroyizdat, 1971, 366 p.
5. Kurilko A. S. *Ekspperimental'nye issledovaniya vliyaniya tsiklov zamorazhivaniya-ottaivaniya na fiziko-mekhanicheskie svoystva gornykh porod* (Experimental study of influence of cycles of freezing and thawing on the physico-mechanical properties of rocks), Yakutsk, YaF GU «Izd-vo SO RAN», 2004, 154 p.
6. Beylin A. Yu. *Tekhnologiya dezintegratsii vysokoglinistykh peskov rossypey zolota, olova i almazov v vodovozdushnoy srede* (Technology of disintegration highclayed sands of placer gold, tin and diamonds in the water-air environment), Yakutsk, 1988, 43 p.
7. Yıldız M., Soğancı A. S. Effect of freezing and thawing on strength and permeability of lime-stabilized clays. *Scientia Iranica*. 2012. Vol. 19, Is. 4, pp. 1013–1017.
8. Ergulera Z. A., Ulusay R. Assessment of physical disintegration characteristics of clay-bearing rocks: Disintegration index test and a new durability classification chart. *Engineering Geology*. 2009. Vol. 105, Is. 1–2, pp. 11–19.
9. Ergulera Z. A., Shakoorb A. Relative contribution of various climatic processes in disintegration of clay-bearing rocks. *Engineering Geology*. 2009. Vol. 108, Is. 1–2, pp. 36–42.
10. Zhen-Dong Cui, Peng-Peng He, Wei-Hao Yang. Mechanical properties of a silty clay subjected to freezing–thawing. 2014. *Cold Regions Science and Technology*. Vol. 98, pp. 26–34.
11. Zakharova S. M. *Vliyanie mineral'nogo sostava i fizicheskogo stroeniya vysokoglinistykh materialov na protsess dezintegratsii v vodovozdushnoy srede* (Influence of mineral composition and physical structure vysokoglinistykh materials in the process of disintegration in water-air medium), Candidate's thesis, Yakutsk, IGDS AN SSSR, 1989, 22 p.
12. Kislyakov V. E., Katarev C. B., Shakina Yu. V., Korostovenko V. V. *Problemy geologii i osvoeniya nedr* (Problems of Geology and exploitation of mineral resources), Tomsk, TPI, 2001, pp. 661–662.
13. Matveev A. I., Shirman G. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011, no 10, pp. 266–268.

