

УДК 622.271.1; 622.236.73

В.В. Нечаев, Р.С. Серый, Н.П. Хрунина

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ВЫСОКОГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОМ И ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОМ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Рассмотрен один из подходов к обоснованию ультразвукового и ЭГД воздействий на глинистые окатыши при разработке золотосодержащих россыпей. Предварительная активация окатышей ультразвуком позволяет улучшить качество процесса ЭГД дезинтеграции.

Ключевые слова: дезинтеграция, интенсивность звука, ультразвуковое и электрогидродинамическое воздействия.

Семинар № 3

Простые по строению и легкообогащаемые россыпные месторождения золота на Дальнем Востоке к настоящему времени в целом уже отработаны. В эксплуатацию вовлекаются месторождения с высоким содержанием глины и в результате плохой промывистости песков при их освоении потери золота могут достигать 40-50 %. [1].

Ранее проблему дезинтеграции глинистых песков решали путем создания достаточно сложных машин и механизмов. Вопросы структурного состава глинистых пород как объекта дезинтеграции и механизмы процесса разрушения глин остаются малоизученными. Анализ известных работ по исследованию дезинтеграции глинистых пород [2, 3, 4, 5, 8] указывает на потенциальную перспективность методов, основанных на ряде физических воздействий на крупнокусковые фракции глинистых песков. К ним, в частности, относятся акустический (в том числе и ультразвуковой) и электрогидродинамический (ЭГД) методы воздействия. Низкочастотные акустические технологии используются в некоторых процессах обогащения по-

лезных ископаемых [2], однако в основном они касаются стадии финишной обработки сырья. Автором работы [3] предпринята попытка применить ударно-возбуждаемые низкочастотные акустические колебания для геотехнологической подготовки россыпных месторождений. Разрушающими факторами в этой технологии являются гидроимпульсные удары и гидродинамические (барботажи) воздействия, что, по мнению автора, приводит к удовлетворительной дезинтеграции песков. Однако техническая реализация метода, основанная на механических устройствах для излучения низкочастотных волн, достаточно сложная, а надёжность системы низкая.

В последнее время исследователей всё более привлекает способ гидроимпульсного разрушения глинистых пород, создаваемых электроразрядом в жидкости. Способ воздействия на различные материалы гидровзрывом известен достаточно давно [4, 5, 6]. Однако только сравнительно недавно стали предприниматься попытки применять его для разрушения глинистых пород. Автором работы [7] подтвер-

ждена принципиальная возможность разупрочнения глинистых пород с помощью высокоэнергетических гидроударных воздействий, создаваемых электродуговым разрядом в жидкостях. В работе [8] предложена технологическая схема подготовки песков с предварительным разупрочнением глинистых конгломератов непосредственно в бункере гидровашгерда. Однако автором не исследовалась результативность метода при различных параметрах импульсных воздействий, и никак не обоснованы выбранные параметры энергетической установки.

Известно, что ударные волны, создаваемые за счёт электрических разрядов в жидкости обладают большой разрушающей способностью [9] и это обстоятельство является серьезным основанием для более пристального изучения этого метода. Имеется ряд работ, посвященных исследованию возможностей ультразвука для разрушения глинистых материалов. Ультразвуковые технологии широко используются в различных областях промышленности, однако обработка с его помощью больших объёмов материала может быть эффективна только при достаточно большой интенсивности ультразвука, и соответственно, больших энергозатат. Замечено, что высокоинтенсивные ультразвуковые колебания обладают той особенностью, что способны уже на начальных стадиях воздействия инициировать в глинистой породе большое число микродефектов. Они, в свою очередь, могут явиться центрами разупрочнения при последующем гидроударном (в частности, электрогидродинамическом) воздействии, так что разрушение глинистого конгломерата в целом может произойти за более короткое время и, что весьма существенно, с образованием достаточно мелких фрагментов. Применительно к

распространенному на практике процессу гидромеханизированной подготовки песков задача дезинтеграции может в значительной степени считаться решённой, если найти способ эффективного разрушения глинистых конгломератов на фрагменты размером порядка 0,5-1,5 см, так чтобы их окончательный размыв происходил в гидропотоке пульпы. В принципе, с помощью только одной разрядно-импульсной дезинтеграции, по-видимому, также можно достичь подобного или близкого результата, однако для этого потребуется достаточное продолжительное время. Сочетание предварительной ультразвуковой активации и последующего контролируемого гидроударного разрушения ускоряет этот процесс, что открывает новые возможности в управлении процессом дезинтеграции глинистых песков.

В ИГД ДВО РАН выполнены постановочные эксперименты по изучению влияния ультразвуковых и ЭГД воздействий на глинистые окатыши хвостов гравитационных приборов. Окатыши образуются при первичном гидромониторном размыве кусков глинистой породы, подаваемой на гидровашгерд. Всасываясь из зумпфа песковым насосом и проходя по пульпопроводу до промывочного прибора куски породы частично разрушаются, но в основном окатываются и в таком виде попадают на промприбор. Исследование вещественного состава высокоглинистых песков россыпных месторождений показывает, что золото теряется не только в неразмывтых песках. При их движении по шлюзам глубокого наполнения происходит механический захват (налипание) частиц металла на поверхность окатышей. Далее они беспрепятственно проходят через шлюзы промприбора и выносятся в отвал. Ранее проведённые нами ис-

следования показали, что содержание золотосодержащей песчаной фракции на поверхности окатышей увеличивается в среднем на 15 %. По данным опробования эфельных хвостов на горных предприятиях содержание золота в глинистых окатышах из-за механического захвата золота нередко возрастает с 0,4 до 2-6 г/м³. В результате увеличивается общие потери золота и отработка таких месторождений становится нерентабельной. Нами проводились исследования высокоглинистых песков россыпных месторождений руч. Колчан, руч. Майский Хабаровского края с содержанием глины от 30 до 70%.

Структура объекта исследования (окатышей) неоднородна, поэтому следует ожидать, что процесс разрушения в общем случае будет иметь дискретный характер. Первый этап характеризуется ростом старых, появлением новых пор и трещин, изменяющих механические свойства глинистой породы. При последующем увеличении внешнего воздействия происходит прорастание и слияние пор, трещин и других структурных неоднородностей и порода теряет единое целое, т.е. происходит её дезинтеграция. С практической точки зрения этот процесс будет тем эффективнее, чем на большее число мелких фрагментов разрушится конгломерат. Задачу предварительного инициирования дефектов структуры глинистых окатышей могут выполнить высокоинтенсивные ультразвуковые колебания, когда под воздействием кавитации возникает множество поверхностных микродефектов (микротрещин, каверн, капилляров, уходящих вглубь образца), а проникающие ультразвуковые волны ослабляют структурные связи в более глубоких слоях. При последующих гидроударных воздействиях происходит интенсивное прорастание и слияние образовавшихся трещин, приводящее к потере структурности

окатышей. Эффективность гидроударных волн будет, по нашему мнению, выше, если использовать достаточно короткие высокоамплитудные гидроудары. За время действия такого импульса образец ведёт себя как инерционная масса, т.е. неподвижен, и вся энергия гидроимпульса должна быть потрачена на разрушение его внутренних связей. Этот вопрос, нуждающийся в экспериментальной проверке, предполагается решить на следующем этапе исследований. Ударные волны с различными характеристиками (амплитуда, энергия импульса) можно получить, если менять параметры энергетической установки: ёмкость накопительного конденсатора, напряжение заряда, индуктивность разрядной цепи, т.е. данный процесс, поддается регулированию в достаточно широких пределах.

Для изучения влияния на глину ультразвука и гидродинамических ударных волн создана новая и доработанная имеющаяся лабораторная установка. Ультразвуковая установка включает в себя промышленный ультразвуковой генератор УЗГ-2-4 и ванну УЗВ-15, модернизированную под задачи эксперимента. Электрическая схема электроразрядной установки и её блоков показаны на рис. 1.

Исследования проводились по следующей методике.

На россыпных месторождениях были отобраны пробы глинистых окатышей, образующихся при отработке этих месторождений гидромеханизованным способом. Для сохранения исходной влажности при транспортировке пробы упакованы в герметичную тару. Для опытов отобраны образцы с приблизительно одинаковыми размерами (диаметром 50-60 мм) и массой (около 300 г). Испытания образцов на ультразвуковой и электроразрядной установках проводились отдельно.

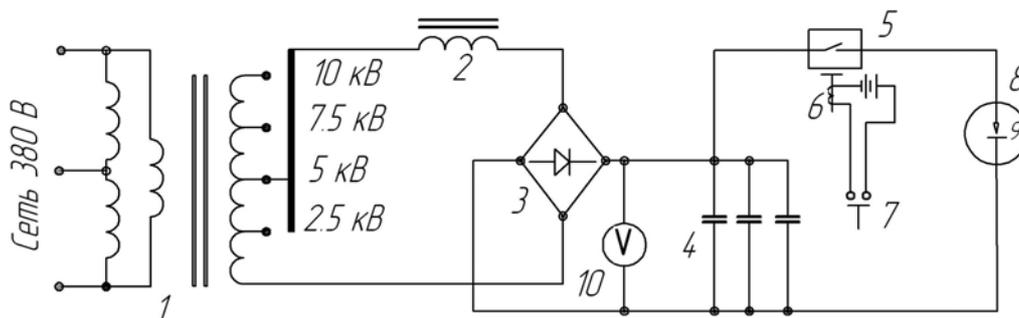


Рис. 1. Схема лабораторной установки для возбуждения ЭГД – ударных волн :
 1 - силовой трансформатор 380/10000 В; 2- дроссель (ограничитель броскового зарядного тока); 3- диодный мост; 4- импульсные накопительные конденсаторы; 5- вакуумный контактор; 6- тяговый электромагнит контактора; 7- кнопка включения электрогидроразрядника; 8- технологическая емкость; 9- электрогидроразрядник; 10- высоковольтный вольтметр

Для изучения влияния ультразвука на глинистые образцы использовалась ультразвуковая ванна УЗВ-15. Окаыши размещались на горизонтальной сетке, отстоящей от поверхности излучателя на расстояние около 15 мм. Учитывая неравномерный характер распределения интенсивности излучения по поверхности магнитострикционного излучателя ванны, в неё загружалось по одному образцу, размещаемому по центру излучателя. Целью эксперимента была оценка степени дезинтеграции образца (убывание массы в процентах от первоначального значения) при различных значениях интенсивности ультразвука и времени воздействия. Установлено, что дезинтеграция образца начинается при интенсивности звука $2-2,5 \text{ Вт/см}^2$, что соответствует началу кавитации. Дезинтеграция протекает по механизму послойного диспергирования. При высокоинтенсивном облучении ($8-10 \text{ Вт/см}^2$ и более) диспергация наиболее выражена в первые десятки секунд, затем процесс замедляется и для полной дезинтеграции окаышей требуется 10-15 минут. Установлено, что после кратковременного (до 1 минуты)

начального воздействия, наблюдается резкое изменение фактуры поверхности окаыша, указывающее на множественное возникновение зародышевых дефектов. Обобщенные результаты степени дезинтеграции от времени воздействия показаны на рис. 2.

Эксперименты с ЭГД воздействием на исходные глинистые конгломераты проводились сериями в следующей последовательности. На решётке в технологической (электроразрядной) блок-камере размещалось от одного до трёх образцов. Количество электроразрядов варьировалось от 2-3 до 20-30. Качество дезинтеграции оценивалось по количеству получаемых фрагментов при различном числе электровзрывов и убыванию остаточной массы образцов. Получены следующие результаты. Разрушение образца на отдельные фрагменты только за счёт прямого действия ударных волн происходит в единичных случаях. Обычно окаыши разваливаются на куски, претерпев значительные деформации формы вследствие многократных соударений с внутренней поверхностью камеры. Для достижения практически значимого результата

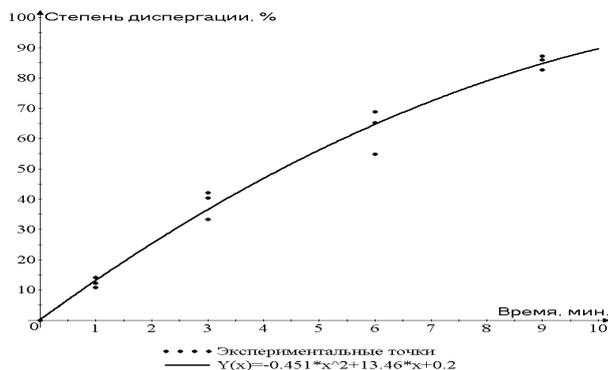


Рис. 2. Степень дезинтеграции окатышей от времени воздействия при интенсивности излучения 8-10 Вт/см²

требуется не менее 10-15 электро-взрывов в пересчёте на один образец. В нашем распоряжении имелись только импульсные конденсаторы суммарной ёмкостью 140 мкф напряжением 5кВ, что не позволяло варьировать параметрами гидроимпульсов и оценить эффективность их воздействия при других режимах установки. При полной энергии заряженной батареи конденсаторов в 1700 Дж в энергию

гидроударной волны, непосредственно воздействующую на испытываемый образец, уходило по предварительной оценке около 30-50 Дж [7].

По иному происходит гидроударное разрушение образцов, предварительно подвергнутых ультразвуковым воздействиям. Такие окатыши разрушались на фрагменты уже после 2-6 электровзрывов (рис. 3). Полученный эффект объясняется тем, что при ультразвуковой обработке материал прошёл стадию предразрушения, а последующие гидроударные воздействия обеспечили окончательное разрушение. Таким образом, если в качестве основного дезинтегрирующего фактора принять электрогидродинамическое воздействие как наиболее экономичное, то кратковременная активация высокоинтенсивным ультразвуком облегчает процесс разрушения глинистого конгломерата и позволяет



Рис. 3. Состояние глинистого окатыша на разных стадиях разрушения: а) — природный окатыш, в исходном состоянии; б) — после воздействия ультразвуковым полем интенсивностью 8-10 Вт/см² в течении 1 мин.; в) — после трех ЭГД ударных воздействий с энергией ориентировочно 20 Дж каждый.

получить достаточно мелкие фрагменты, способные самостоятельно разрушаться при последующем гидротранспортировании.

Предложенное совместное применение ультразвукового и ЭГД воздействий открывает новые потенциальные возможности для совершенствования процессов дезинтеграции высокоглинистых песков.

Выводы

1. Дезинтеграция глинистых окатышей в ультразвуковых полях начинается при интенсивности ультразвука 2-3 Вт/см², вызвана эффектом кавитации в жидкости и проявляется в

2. виде послойного диспергирования. При высокой интенсивности ультразвука (8-10 Вт/см²) скорость процесса наибольшая в первые десят-

ки секунд и замедляется после нескольких минут обработки. Для полного диспергирования окатыша требуется 10-15 минут.

3. Дезинтеграция глинистых пород под воздействием ЭГД ударных волн (при выбранных параметрах воздействия: энергия ударной волны в 30-50 Дж и длительность импульса в 50-80 мкс) проявляется в виде разрушений на отдельные фрагменты, для чего требуется не менее 10-15 электровзрывов на один образец.

4. Предварительная активация окатышей ультразвуком позволяет улучшить качество процесса ЭГД дезинтеграции за счёт увеличения ошего количества фрагментов и снижения времени воздействия на высокоглинистые пески.

Работа выполнена по проекту РФФИ № 09-05-98583

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мамаев Ю.А., Ван-Ван-Е А.П., Сорокин А.П., Литвинцев В.С., Пуляевский А.М.* Проблемы рационального освоения золотороссыпных месторождений Дальнего Востока (геология, добыча, переработка). - Владивосток: Дальнаука, 2002. - 200 с.
2. *Акустическая технология* обогащения полезных ископаемых. М., Недра 1987г.
3. *Михайлов А.Г.* Геотехнологическая подготовка россыпных месторождений ударно-акустическим способом: Дис. ... д-ра. техн. наук : 25.00.22 - М., 2002. - 305с.
4. *Соткин Л.А.* Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л., Машиностроение, 1986. - 251 с.
5. *Гаманович В.И., Райзман В.А., Стрельцов В.А.* Электрический разряд в жидкости и его применение - Киев. Наукова думка, 1977 - 210 с.
6. *Оборудование* и технологические процессы с использованием электрогидравлического эффекта. /под ред. А.Г. Гулый. - М.: Машиностроение, 1977. - 320 с.
7. *Коростовенко В.В.* Применение электровзрыва для дезинтеграции глинистых окатышей. Перспективные материалы, технологии, конструкции: сб. научн. Тр. ГАЦМИЗ. - Красноярск, 2002. -70 с.
8. *Галайно А.В.* Обоснование эффективной технологии освоения высокоглинистых золотоносных месторождений Центральной Сибири : Дис. ... канд. техн. наук : 25.00.22 Красноярск, 2006 160 с.
9. *Научальных К.А., Рой Н.А.* Электрические разряды в воде. М., Наука, 1971 - 155 с. **ИДБ**

Коротко об авторах

Нечаев В.В. - кандидат технических наук, научный сотрудник,

Серый Р.С. - научный сотрудник,

Хрунина Н.П. - научный сотрудник, e-mail: npetx@mail.ru

ИГД ДВО РАН, факс (4212) 32-79-2