

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ ВЫСОКОГЛИНИСТЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Описана проблема разработки нерентабельных высокоглинистых месторождений, представлены результаты применения ультразвуковых волн при скважинной гидродобычи, что позволит ввести в отработку техногенные месторождения с небольшим содержанием полезного компонента, разработка которых известными методами в данный момент не представляется возможной.

В настоящее время золотодобывающая промышленность нашей страны столкнулась с нерентабельностью разработки весьма тонких пластов золотоносных песков, лежащих на значительной глубине, традиционными методами добычи, такими как открытая и подземная разработка. Разработка таких месторождений открытым способом затрудняется большой глубиной залегания золотоносных песков, т. е. большим объемом вскрышных работ, небольшим содержанием полезного компонента и непродолжительным сроком службы карьера. В то же время отработка их подземным способом не представляется возможной из-за ограниченных запасов месторождения и, следовательно, короткого срока службы шахты, больших капитальных затрат на вскрытие, сложности процесса управления горным давлением вследствие недостаточной глубины работ и другими, не менее важными факторами.

Поэтому в настоящее время предпринимается много попыток удешевить основные процессы горных работ: вскрытие, разупрочнение массива, транспортирование и доставку полезного ископаемого на поверхность и др., а также снизить нагрузку на окружающую среду, т. е. разработать такую технологию, которая позволила бы извлечь полезный компонент в минимальные сроки и с наименьшими капитальными затратами, не причинив вреда экологическому состоянию близлежащих окрестностей.

Более всего соответствуют данным требованиям методы, основанные на переводе полезного ископаемого в подвижное состояние в скважине посредством рабочих реагентов, – так называемые геотехнологические методы. В качестве реагента может выступать энергия или ее носители, вводимые в рабочую зону, например химические растворы, электрический ток, вода как теплоноситель и т. п.

В качестве наиболее выгодного и экологически безопасного можно выделить метод скважинной гидродобычи (СГД), так как в качестве реагента используется вода без применения вредных химических соединений, отрицательно влияющих на окружающую среду. Этот метод относится к экологически щадящим еще и потому, что уменьшается количество техники, необходимой для добычи полезного ископаемого и транспор-

тирования его на поверхность, и значительно сокращается площадь земель, отчуждаемых под промышленную площадку предприятия.

Однако в методе СГД существует еще много нерешенных вопросов, главней из которых – это сложность отработки месторождений с высокой глинистостью песков.

Для решения проблемы разупрочнения глинистых песков в массиве было разработано и изготовлено устройство «Шум-1», способное создавать концентрированное ультразвуковое акустическое поле. Это устройство отличается от известных возможностью изменения параметров ультразвуковой волны, т. е. возможностью управления процессом дезинтеграции. С его помощью можно исследовать влияние кавитации на глинистые пески.

По результатам проведенных экспериментов была выявлена зависимость интенсивности процесса дезинтеграции от двойственного воздействия ультразвуковых волн (кавитации и вибрации) на глинистый массив.

Затем были проведены эксперименты, направленные на определение наиболее эффективных параметров разупрочнения, при которых двойственное воздействие ультразвуковой кавитации и вибрации на опытный образец было бы максимальным. Для этого было рассмотрено несколько вариантов расположения ультразвукового излучателя относительно исследуемого образца: над образцом, сбоку от образца и при вращении излучателя в вертикальной плоскости. В процессе проведения опытов выяснилось, что применяемые ранее датчики не могут быть использованы для снятия показаний при расположении излучателя над образцом. Поэтому было решено изменить методы контроля интенсивности дезинтеграции, для чего были изготовлены новые датчики, состоящие из четырех металлических стержней диаметром 2 мм и длиной 40 мм, утяжеленных до массы 50 г металлическими кольцами. Кольца со штырями расположены вертикально на расстоянии 20 мм друг от друга.

В качестве исходного материала при изготовлении образцов применялась каолиновая глина с влажностью 25 % и плотностью 2 г/см³. Исходя из полученной формы образцов материала (параллелепипед), был выбран размер образца, длина и ширина которого равны удвоенному диаметру ультра-

звуковой установки (80 мм), а высота – 20 мм. Объем образца составил 128 см³, масса – 240 г.

Напряжение, Па, с которым каждый датчик давит на образец, вычислим по формуле

$$\sigma = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где F – сила, с которой каждый датчик давит на образец в воде, Н; S – площадь воздействия на образец, м². Сила F может быть определена следующим образом:

$$F = F_m - F_a, \quad (2)$$

где F_m и F_a – соответственно сила тяжести и сила Архимеда, Н.

Подставив (1) в (2), получим выражение

$$\sigma = \frac{F_m - F_a}{S} = \frac{m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V}{n \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 0,25}, \quad (3)$$

где m – масса датчика, кг; g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность воды, кг/м³; V – объем датчика, м³; n – количество стержней; d – диаметр стержня, м. Таким образом,

$$\sigma = \frac{50 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 - 1000 \cdot 9,81 \cdot 6,4 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 4(2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0,25} \approx 0,034 \text{ МПа.}$$

Эффективность дезинтеграции (в процентах к базовому опыту) рассчитывали по величине проваливания датчиков в опытный образец глины. Результаты опытов в виде таблиц и графиков представлены ниже.

Исследование двойственного влияния ультразвука на интенсивность дезинтеграции в зависимости от направления оси распространения ультразвуковой волны (рис. 1) производили при изменении направления оси распространения ультразвуковой волны в вертикальной плоскости на

0, 30, 45, 60 и 90°. Установка была расположена над образцом. В ходе экспериментов было определено, что максимально интенсивное разрушение происходит при направлении излучателя на образец (табл. 1, рис. 2). Следовательно, в данных условиях двойственного воздействия не наблюдается.

При исследовании зависимости интенсивности разрушения от направления оси излучаемой волны при расположении излучателя сбоку от образца (рис. 3) изменялось направление оси распространения ультразвуковой волны в вертикальной плоскости, образованной вертикальной осью образца и излучателя, который расположен сбоку от образца под углом 0, 30, 45, 60 и 90° (табл. 2, рис. 4).

Максимальное разрушение в данном случае происходит при направлении оси излучателя вертикально, перпендикулярно к поверхности воды. Следовательно, при данных условиях двойственное воздействие проявляется в случаях поворота оси излучателя на угол 45, 60 и 90° на расстоянии 40 мм.

Наибольший объем разрушенной глины получился при направлении оси излучателя перпендикулярно поверхности, поэтому было решено провести опыты при расположении оси излучателя перпендикулярно к поверхности воды с изменением мощности установки, подаваемой на излучатель. Сам излучатель, как и в предыдущем случае, располагался сбоку от образца (см. рис. 3).

В этих опытах производилось изменение мощности с шагом 7, 10, 15, 22,5 и 30 Вт при условии, что излучатель расположен сбоку от образца на расстоянии 40 мм, а ось излучаемой волны направлена горизонтально к поверхности границы сред вода–воздух (табл. 3, рис. 5).

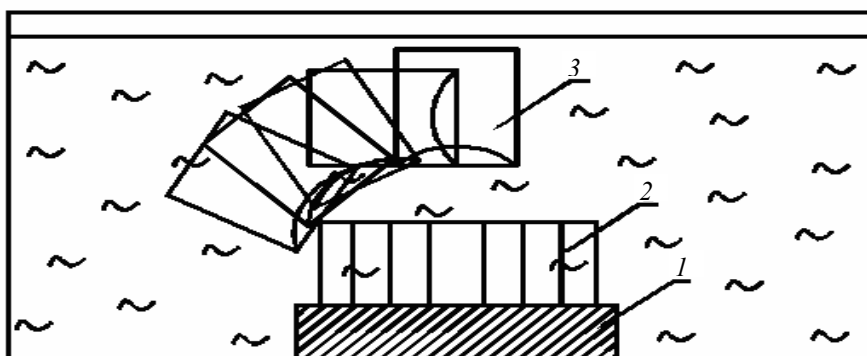


Рис. 1. Схема лабораторной установки при расположении излучателя над образцом: 1 – опытный образец; 2 – датчики-штыри; 3 – ультразвуковая установка

Таблица 1

Влияние направления оси распространения ультразвуковых волн на интенсивность разрушения при расположении излучателя над образцом (мощность – 15 Вт)

a	t				
	3	5	10	15	20
0	0,016	0,064	0,193	0,561	0,671
30	0,000	0,079	0,157	0,314	0,353
45	0,000	0,079	0,157	0,217	0,279
60	0,000	0,079	0,151	0,217	0,279
90	0,000	0,000	0,000	0,157	0,184

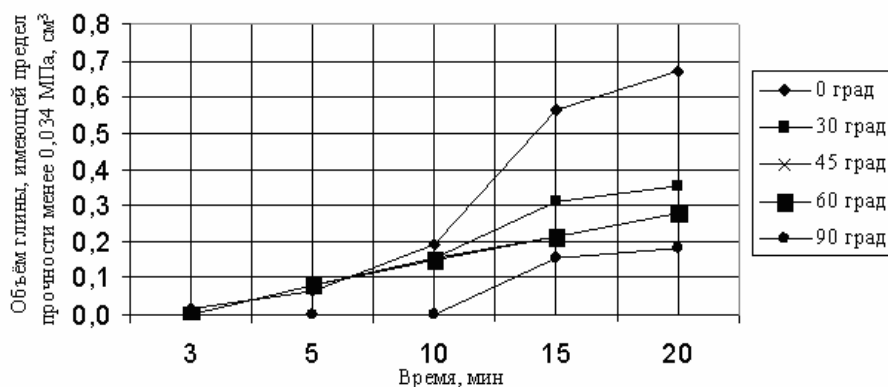


Рис. 2. Зависимость направления оси распространения ультразвуковых волн от интенсивности разрушения при расположении излучателя над образцом (мощность – 15 Вт)

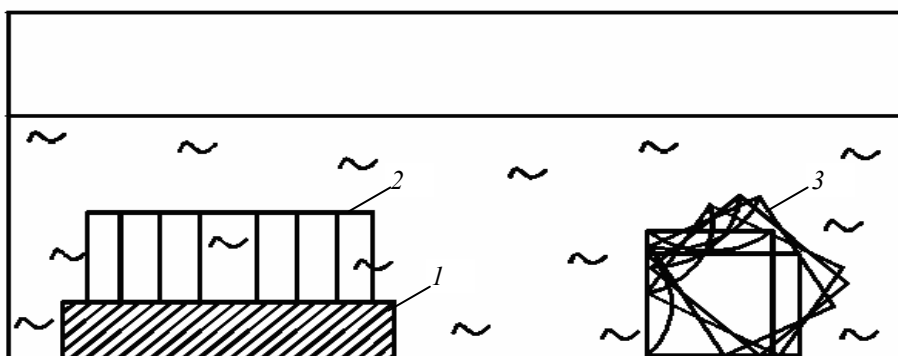


Рис. 3. Схема лабораторной установки при расположении излучателя сбоку от образца: 1 – опытный образец; 2 – датчики-штыри; 3 – ультразвуковая установка

Таблица 2

Влияние направления оси распространения ультразвуковых волн на интенсивность разрушения при расположении излучателя сбоку от образца (мощность – 15 Вт)

a	t				
	3	5	10	15	20
0	0,000	0,118	0,016	0,118	0,141
30	0,000	0,118	0,014	0,047	0,127
45	0,000	0,016	0,141	0,565	1,193
60	0,039	0,204	0,801	1,963	3,109
90	0,094	0,393	1,256	2,748	4,836

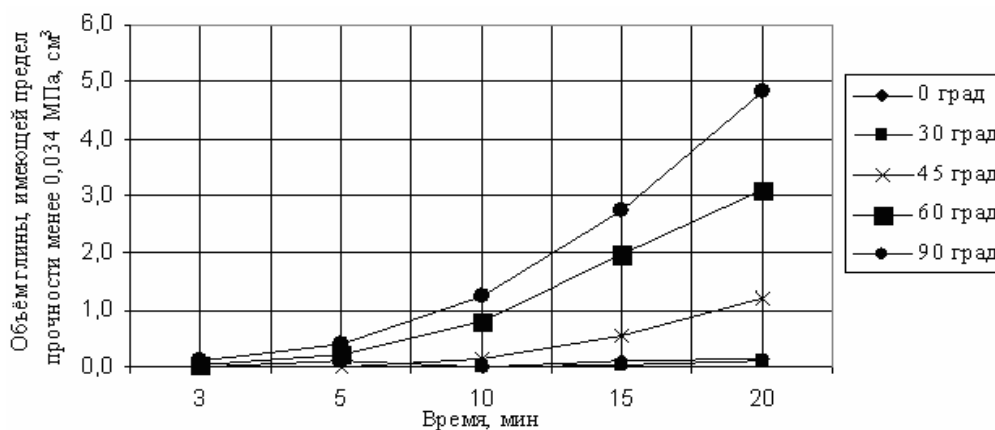


Рис. 4. Зависимость направления оси распространения ультразвуковых волн от интенсивности разрушения при расположении излучателя сбоку от образца (мощность – 15 Вт)

Таблица 3

Влияние мощности излучаемой волны на интенсивность разупрочнения при размещении излучателя на расстоянии 40 мм сбоку от образца и направлении оси излучения вертикально к поверхности воды

P	t				
	3	5	10	15	20
7	0,045	0,169	0,650	1,600	2,137
10	0,065	0,190	0,800	2,256	3,403
15	0,094	0,393	1,256	2,748	4,836
22,5	0,120	0,476	1,456	3,174	5,700
30	0,176	0,597	1,897	3,980	6,300

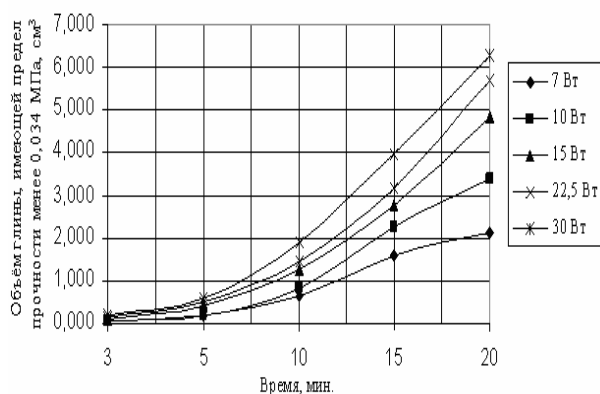


Рис. 5. Зависимость интенсивности разупрочнения от мощности излучаемой волны при расположении ультразвукового излучателя на расстоянии 40 мм сбоку от образца и направлении оси излучения перпендикулярно поверхности воды

График (см. рис. 5) показывает что с увеличением мощности установки объем разупрочненной глины увеличивается не прямо пропорционально. Следовательно, разупрочнение может идти до определенного момента, т. е. происходит угасание ультразвуковых волн. Такого эффекта можно избежать благодаря своевременному удалению пульпы из забоя.

Таким образом, было установлено, что использование двойственного воздействия ультразвука (кавитационного и вибрационного) в методе скважинной гидродобычи позволяет увеличить интенсивность разупрочнения, а следовательно, и скорость отработки камеры, радиус полезного действия струи за счет снижения прочностных характеристик глинистых песков.

Метод скважинной гидродобычи, основанный на использовании ультразвука в качестве разрушающей силы, может найти эффективное применение для разработки россыпных месторождений золота и платины, для добычи бедных, легкодиспергирующихся, пористых, рыхлых и слабосвязных полезных ископаемых: торфа, угля, песка, гравия, фосфоритов, марганцевых рыхлых руд, мягких бокситовых руд, битуминозных песчаников и др., а также для добычи строительных материалов, находящихся на значительной глубине.

Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора В. Е. Кислякова

A. S. Naymushin

ABOUT A FEASIBILITY OF ULTRASONIC OSCILLATIONS AT IMPROVEMENT OF HIGH INCLUDE CLAY ANTHROPOGENIC DEPOSITS

The problem of mining unprofitable including clay anthropogenic deposits is described; the outcomes of applying of ultrasonic waves in a way of hydraulic mining by boreholes are submitted. It allows entering into improvement anthropogenic deposits with the small contents of a useful component, which mining by known in the given moment methods is not possible.