

## Список литературы

1. Заслов В.Я. Механизация крепления горных выработок. - М.: Недра, 1980.-223с.
  2. Пат. 3254, Украина. Устройство для нанесения набрызгбетонного покрытия в вертикальных горных выработках/ А.Ю. Кривенко; Опубл. 15.10.2004. Бюл. № 10 - 1 с.
- Рукопись поступила в редакцию 10.01.05

УДК 624.24.05

А.А. ХРУЦКИЙ, ассистент  
Криворожский технический университет

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БУРОВОГО ШЛАМА ПО КРУПНОСТИ ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН ШТЫРЕВЫМИ КОРОНКАМИ

Приведены результаты исследований гранулометрического состава бурового шлама в зависимости от крепости буримой породы, силы внедрения, диаметра и количества внедряемых штырьков. Установленные закономерности позволяют прогнозировать гранулометрический состав шлама в зависимости от типа породы, коронки, буровой машины.

Как известно, недостаточная очистка забоя при бурении приводит к излишним затратам энергии, повышенному износу инструмента и снижению механической скорости бурения.

При решении задач, связанных с выносом шлама, возникает вопрос о гранулометрическом составе буровой мелочи. Для лезвийных коронок этот вопрос достаточно исследован. При бурении штыревыми коронками, вследствие более эффективного разрушения породы, буровой шлам отличается повышенным содержанием крупных фракций.

Точное определение грансостава шлама забором непосредственно у бурового станка не позволяет с достаточной точностью учесть гранулометрический состав из-за вторичного измельчения частиц на забое, а также из-за потерь (особенно мелких и мельчайших фракций). Наиболее полно гранулометрический состав бурового шлама мелочи может быть учтен только при проведении исследований на стенде [1]. Подобное исследование было проведено для перфораторных штыревых коронок с забором шлама непосредственно у скважины [3]. С целью определения более точного грансостава бурового шлама штыревых коронок в лаборатории было проведено изучение гранулометрического состава шлама на двух стендах – статическом и динамическом. Статический стенд представлял собой гидравлический пресс, а динамический – простейшую копровую установку.

В исследовании использовались штырьки диаметрами 10, 12, 14, 16 мм, которые внедрялись в породу в различной последовательности (по одному, парами и тройками).

Характеристики породы, использованные в исследовании, приведены в табл. 1.

Таблица 1  
Физико-механические характеристики пород

№ позиции	Порода	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочн. на сжат., кг/см <sup>2</sup>
1	Плагиоклазовые граниты (мелкозернистые)	2,7	1750
2	Плагиоклазовые граниты (крупнозернистые)	2,6	1700
3	Краско-мартитовые роговики	3	1900
4	Силикатно-магнетитовые роговики	2,6	1640
5	Краско-мартитовые руды	2,7	1040
6	Мартитовые роговики	2,9	1800

Рассев шлама проводился по классам на ситах с отверстиями 0,355; 0,9; 2,5; 5,477; 8,9 мм. Определив массу каждого класса, находилось процентное содержание каждого класса и суммарный выход класса по минусу  $Y$ . Далее для определения аналитических зависимостей распределения бурового шлама по крупности использовалось уравнение, предложенное Розиным и Раммлером, поскольку, как показала обработка большого числа гранулометрических анализов продуктов измельчения, это уравнение во многих случаях дает лучшее соответствие опытным данным [2]

$$R = 100e^{-b \cdot x^n},$$

где  $R$  – натуральный логарифм от суммарного выхода класса крупнее  $x$ , по минусу, %;  $x$  – размер отверстий сита;  $b, n$  – параметры, зависящие от свойств материала и размерности  $x$ , кото-

рые определялись следующим образом

$$n = \frac{\lg \lg \frac{100}{R_1} - \lg \lg \frac{100}{R_2}}{\lg x_1 - \lg x_2}; b = \frac{\lg \frac{100}{R_1}}{x_1^n \cdot \lg e},$$

где  $x_1, x_2$  – соответственно крупность двух классов;  $R_1, R_2$  – соответственно суммарный выход класса  $x_1, x_2$  по минусу.

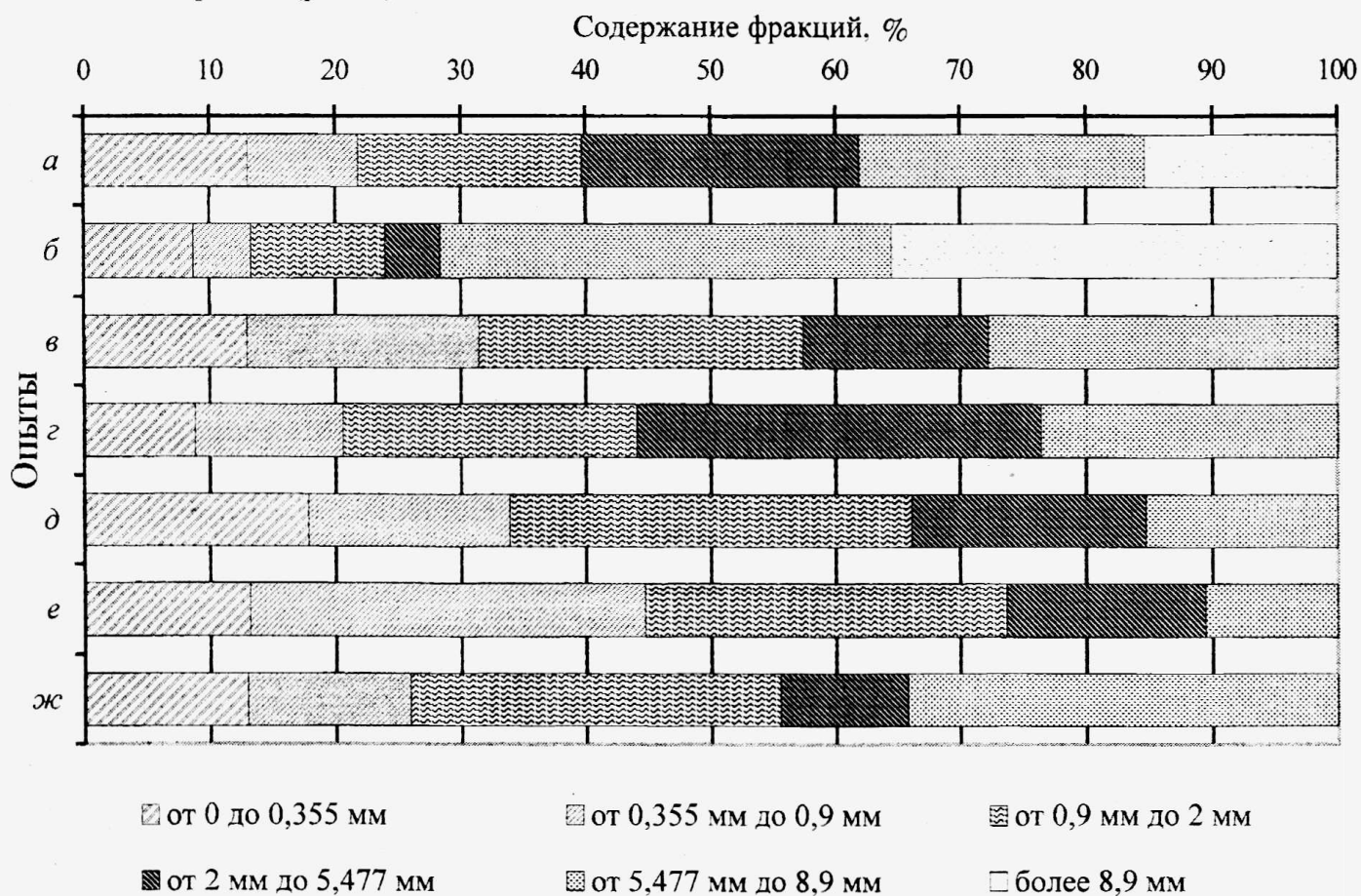
#### Качественный анализ шлама.

По мнению многих исследователей, например проф. Эйгелеса Р.М., с точки зрения разрушения породы статическое внедрение индентора в породу аналогично динамическому. Однако, как было установлено в настоящем исследовании, шлам, полученный на статическом стенде, качественно отличается от шлама, полученного на динамическом стенде. Отличие качественного состава шлама вызвано тем, что при статическом внедрении штырька в породу скорость внедрения сравнительно небольшая, вследствие чего продукты из ядра уплотнения – разрушенная и спрессованная порода достигают значительных размеров. На их образование определяющее влияние оказывает время внедрения. Продукты из ядра уплотнения имели крупность 5,5 мм и более, тогда как при динамическом внедрении они в редких случаях достигали крупности 2,5 мм.

Частицы крупностью до 0,9 мм имеют форму, приближенную к шарообразной, частицы крупностью более 2,5 мм – в основном форму чешуек.

#### Гранулометрический анализ шлама.

Гранулометрический состав бурового шлама, полученный в ходе некоторых опытов, приведен на диаграмме (рис. 1).



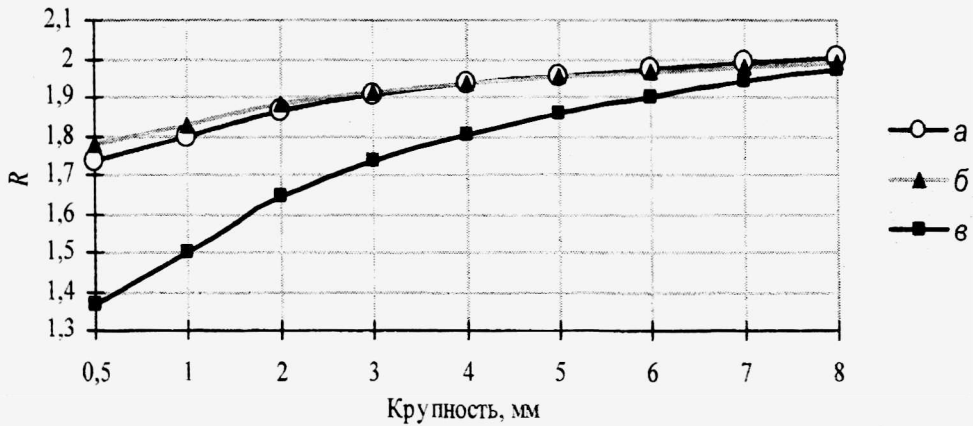
**Рис.1.** Диаграмма распределения бурового шлама по крупности: а - порода №5 (см. табл. 1), диаметр штырька 10 мм, сила внедрения 8 кН; б - порода № 2, диаметр штырька 10 мм, сила внедрения 8кН; в - порода №6, диаметр штырька 10 мм, сила внедрения 8кН; г - порода №6, диаметр штырька 10 мм, сила внедрения 20кН; д - порода №2, диаметр штырька 10 мм, сила внедрения 8кН; е - порода №2, диаметр штырька 12 мм, сила внедрения 8кН, внедряются два штырька; ж - порода №2, диаметр штырька 12 мм, сила внедрения 40кН, внедряются три штырька

Из представленной диаграммы очевидна следующая закономерность: со снижением крепости породы с увеличением силы удара или вдавливания увеличивается содержание крупных фракций (рис. 1, а - г).

При сравнении результатов внедрения группы штырьков увеличение содержания крупных

фракций в шламе и соответственно повышение эффективности разрушения породы наблюдается при внедрении трех штырьков (рис. 1, д, е, ж).

Полученные результаты хорошо согласуются и дополняют уже имеющиеся результаты исследований [3]. На рис. 2 показаны графики гранулометрического состава шлама, полученные с помощью уравнения Розина-Рамлера. Как видно из представленного графика, в первых двух случаях (рис.2, а, б) наблюдается повышенное содержание крупных фракций.



**Рис. 2.** График распределения бурового шлама по крупности: а - шлам, полученный при бурении штыревой коронкой диаметром 64 мм по породам крепостью  $f=10-12$ ; б - буровой шлам от внедрения штырька диаметром 14 мм с силой 20 кН в породу №3 (см. табл. 1); в - буровой шлам от внедрения штырька диаметром 10 мм с силой 20кН в породу №1

На основе проведенных лабораторных исследований были получены уравнения регрессии на основе уравнения Розина-Рамлера для параметров  $n$  и  $b$ .

Таблица 2

Значения коэффициентов регрессии

Кoeff.	$b$	$n$
$a_0$	-2,46E-05	0,00055732
$a_1$	-7,94E-09	-3,5000E-08
$a_2$	-0,0036	4,0887E-01
$a_3$	-0,005	3,1840E-01
$a_{12}$	2,36E-07	-2,6866E-05
$a_{13}$	3,92E-07	-2,4730E-05
$a_{23}$	3,50E-04	-2,2882E-02
$a_{123}$	6,21E-14	-2,1359E-12
$a_{11}$	1,73E-12	-3,2890E-10
$a_{22}$	7,26E-07	-6,2430E-05
$a_{33}$	-4,95E-07	4,2646E-05

Уравнение регрессии в общем виде:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_{12} X_1 X_2 + a_{13} X_1 X_3 + a_{23} X_2 X_3 + a_{123} X_1 X_2 X_3 + a_{11} X_1^2 + a_{22} X_2^2 + a_{33} X_3^2,$$

где  $X_1$  – прочность на сжатие породы, кг/см<sup>2</sup>;  $X_2$  – диаметр внедряемого штырька, мм;  $X_3$  – сила внедрения, кН.

Значения коэффициентов регрессии для определения параметров  $n$  и  $b$  приведены в табл. 2. Точность полученных результатов составляет 16%.

Таким образом, лабораторные исследования помогли получить более полную информацию о гранулометрическом составе шлама при бурении штыревыми коронками. Установленные закономерности позволяют

прогнозировать гранулометрический состав шлама в зависимости от типа породы, коронки, буровой машины. Полученные результаты хорошо согласуются и дополняют уже имеющиеся данными исследований и представляют научный и практический интерес.

### Список литературы

1. Катанов Б.А. Стенды для исследования бурового инструмента // Изв. вузов. Горный журнал. -2000.-№5.-С.83-85.
2. Петров В.А., Андреев Е.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых.-М.: Недра, 1990.-340 с.
3. Конструкция коронок для мощных бурильных головок за рубежом: Обзорная информация.-М.: ЦНИИТЭИ-тяжмаш.-1985.-52 с.

Рукопись поступила в редакцию 17.01.05