

## ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЕ БУРЕНИЕ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА В.Ф. Важов<sup>1</sup>, С.Ю. Дацкевич<sup>1</sup>, М.Ю. Журков<sup>1</sup>, В.М. Муратов<sup>1</sup>, А.Р. Rödland<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, Россия, <sup>2</sup>Норвегия<sup>2</sup>  
E-mail: muratov@hvd.tpu.ru

### Введение

В начале шестидесятых годов в Томском политехническом университете был открыт принципиально новый способ разрушения твердых диэлектрических материалов – электроимпульсный (ЭИ) [3].

Суть электроимпульсного способа разрушения заключается в превышении электрической прочности жидких диэлектриков до воды включительно над электрической прочностью твердых диэлектрических материалов при временах воздействия импульсного напряжения 1 мкс и менее [1–4]. При достаточной энергии, выделенной в канале разряда, возникает электровзрыв с образованием откольной воронки, которая заполняется жидкостью. При многоэлектродной системе (например, как в буровом наконечнике для бурения скважин, рис. 1) следующий разряд произойдет вновь в твердом теле в другом месте. Происходит автоматическое перемещение разрядов по поверхности разрушения (забой скважины), пока не будут разрушены все участки твердого тела. После этого буровой снаряд под собственным весом опускается на глубину разрушения. При этом многоэлектродная система – буровой наконечник – остается неподвижным в процессе разрушения – бурения. В самой сущности электроимпульсного способа разрушения заложена возможность достижения более высокой в сравнении с механическими способами эффективности разрушения с низкими энергетическими затратами.

Целью работы является определение влияния энергоклада в канал разряда на эффективность ЭИ бурения скважин большого диаметра ( $D = 400$  мм) в граните.

### Методика

Разработан и изготовлен электроимпульсный буровой снаряд. Общий вид бурового снаряда приведен на рис.1. Его отличительной особенностью является газовая изоляция, в качестве которой используется осушенный азот под давлением 10 атм. Буровой снаряд состоит из следующих элементов: буровая труба диаметром 325 мм (1), рассчитанная на рабочее давление 10 атм; высоковольтный полиэтиленовый ввод (2) на напряжение 600 кВ и давление 10 атм со специальным фланцевым уплотнением (3) и узлом для промывки (4); высоковольтный токопровод диаметром 108 мм (5), коаксиально расположенный в буровой трубе, по которому прокачивается промывочная жидкость от насоса до забоя скважины; проходной полиэтиленовый изолятор (6) со специальным уплотнением на напряжение 600 кВ, к которому крепятся высоковольтные электроды бурового наконечника.

Для экспериментов были разработаны и изготовлены буровые наконечники двух типоразмеров диаметром 360 мм и с расстояниями между электродами  $S_1 = 80$  мм и  $S_2 = 120$  мм.

Одним из основных факторов, определяющих скорость электроимпульсного бурения, является промывка. Для обеспечения эффективного удаления шлама схема промывки имела:

а) два насоса мощностью по 45 кВт, каждый производительностью 1666 литров в минуту, напор 80 м; б) превентор диаметром 400 мм; в) бак для приема шлама с ситами +20 мм, +10 мм, +5 мм, –5 мм, который соединен сливным лотком с баком-отстойником.



**Рис. 1. Общий вид бурового снаряда**

Образцы из гранита высотой 2000 мм и сечением 900×800 мм, которые забетонированы в металлическом корпусе диаметром 1100 мм. Сверху на образец жестко крепится превентор. Прочность гранита при одноосном сжатии  $\sigma_{сж}=140$  МПа.

Для электроимпульсного бурения применялись ГИН, выполненные по схеме Аркадьева-Маркса [3]. Параметры ГИН: рабочее напряжение  $U_p \leq 600$  кВ; запасаемая энергия  $W_3 = 2000 \div 5000$  Дж. В зависимости от условий бурения частота следования импульсов изменялась в диапазоне  $f = 1 \div 10$  имп/с. В связи с изменением частоты результаты по скорости бурения рассчитывались для одной, выбранной нами и наиболее часто используемой частоты следования импульсов  $f = 10$  имп/с. Подобный подход корректен, поскольку известно, что скорость бурения в диапазоне  $f = 1 \div 20$  имп/с линейно возрастает с увеличением частоты [3].

Для оценки эффективности электроимпульсного бурения нами выбраны следующие параметры: скорость бурения  $v$ ; производительность бурения  $Q = \frac{P}{n}$ , где  $P$  – объем пробуренной скважины;  $n$  – число воздействующих импульсов; удельные энергозатраты  $W_{уд} = \frac{W_{\Sigma}}{P}$ , где  $W_{\Sigma} = W_3 \cdot n$ , здесь  $W_3 = \frac{CU^2}{2}$  – энергия, запасаемая ГИН,  $C$  – емкость ГИН в разряде,  $U = u_0 \cdot k$  рабочее напряжение ГИН,  $u_0$  – зарядное напряжение ГИН,  $k$  – число ступеней ГИН; энерговклад  $M = \frac{W_3}{S}$ .

### **Экспериментальные результаты**

Для бурового наконечника с  $S_1 = 80$  мм увеличение емкости ГИН в разряде с 3100 Дж до 4800 Дж значительно увеличило энерговклад в канал разряда (~ в 1.6 раза). На рис. 2, 3 приведены результаты бурения. Видно, что скорость бурения при частоте следования импульсов  $f = 10$  имп/с возросла в 1,37 раза (рис.2), увеличилась производительность импульса (рис.3), но возросли энергозатраты. При этом практически не изменился фракционный состав шлама. Следовательно, увеличение энерговклада в канале разряда (запасаемой энергии ГИН) – важный фактор увеличения эффективности бурения.

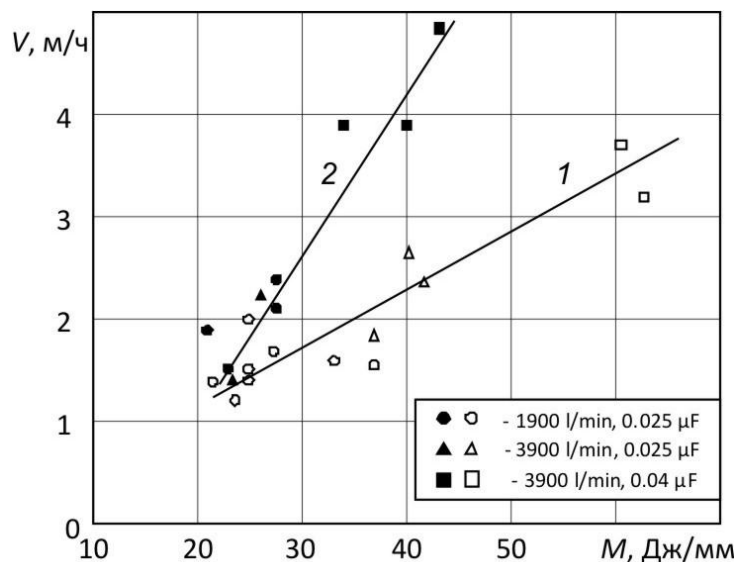


Рис. 2. Зависимость скорости бурения от энергозклада  
 1 –  $S_1 = 80$  мм, 2 –  $S_2 = 120$  мм.

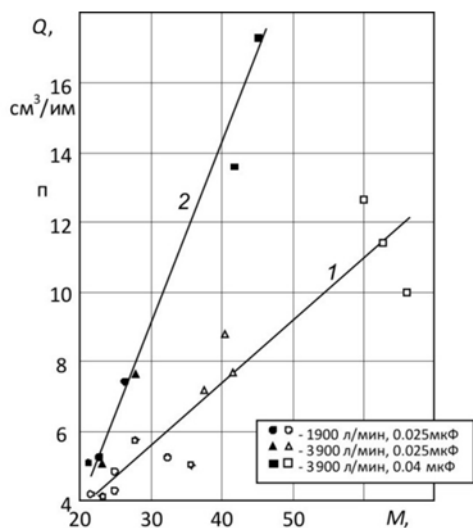


Рис. 3. Зависимость производительности бурения гранита  
 1 –  $S_1 = 80$  мм, 2 –  $S_2 = 120$  мм энергозклада

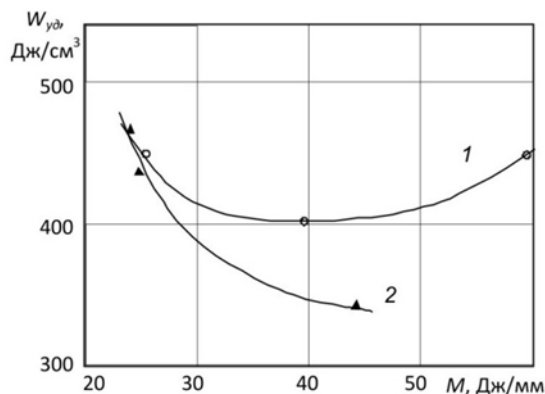


Рис. 4. Зависимость энергозатрат от энергозклада при бурении гранита буровым снарядом БИ-325  
 1 –  $S_1 = 80$  мм, 2 –  $S_2 = 120$  мм

Известно, что увеличение расстояния между электродами бурового наконечника при оптимальных параметрах бурения (напряжение, запасаемая энергия, время ее выделения и др.) вызывает увеличение скорости бурения, увеличение производительности, увеличение доли крупных фракций шлама и т.д. [1–3].

При увеличении  $S_2$  до 120 мм и емкости в разряде  $C_{\text{разр}} = 0,025$  мкФ до  $C_{\text{разр}} = 0,04$  мкФ, скорость бурения и производительность разрушения возросли в 2,18 раза, при этом энергозклад увеличился в 1,8 раза (рис. 2, 3 кривые 2). По-видимому, величина энергозклада играет существенную роль при электроимпульсном бурении. Увеличение расстояния между электродами с  $S_1 = 80$  мм до  $S_2 = 120$  мм приводит к более быстрому увеличению скорости бурения при увеличении энергозклада. Из рис. 2, 3, видно,

что увеличение расстояния между электродами очень эффективный способ увеличения скорости бурения и производительности.

Энергозатраты  $W_{уд}$  являются одной из важных характеристик бурения горных пород любым способом. Необходимо рассмотреть вопрос о влиянии энерговклада  $M$  на энергозатраты при ЭИ бурении скважин большого диаметра. Рядом авторов показано, что зависимость энергозатрат от энергии, запасаемой ГИН, имеет минимум [2–4]. На рис. 4 приведена зависимость  $W_{уд} = f(M)$  полученная для  $S=80$  и  $120$  мм. Видно, что имеет место минимум энергозатрат при определенном энерговкладе, величина которого смещается в область больших значений при увеличении  $S$ . Минимум энергозатрат может быть одним из критериев оценки эффективности ЭИ бурения. Но дальнейшее увеличение энерговклада вызывает увеличение скорости бурения (рис. 4, кривая 1). А скорость бурения также может являться критерием оценки эффективности ЭИ бурения. Выбор того или иного критериев эффективности ЭИ бурения зависит от достаточно большого числа факторов и не является целью данной работы.

### *Литература*

1. Кленин Ш.Т. Исследование разрушающего воздействия электрического разряда» при электроимпульсном бурении скважин: / Дисс. канд. техн. наук. – Томск: – 1970. – 240 с.
2. Коваленко Н.Е. Исследование и разработка технических средств и технологии для электроимпульсного бурения скважин / Дисс. канд. техн. наук. – Томск: – 1970. – 212 с.
3. Семкин Б.В., Усов Ю.Ф., Курец В.И. Основы электроимпульсного разрушения материалов. – СПб.: Наука, 1995. – 276 с.
4. Семкин Б.В. Исследование физических основ и эффективности процесса электроимпульсного разрушения твердых тел – Диссертация канд. техн. наук. – Томск. – 1966. – 212 с.

### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ РУДОНОСНОСТИ ИНТРУЗИВНЫХ ТРАППОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ Ю.Р. Васильев, А.Н. Дмитриев, М.П. Гора**

*Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения  
Российской Академии наук, Новосибирск, Россия, e-mail: meimech@igm.nsc.ru*

В последние годы для решения широкого круга поисковых геологических задач используются логико-математические методы. В основе этих методов лежит как детерминистский подход, заключающийся в том, что заранее установлена или предполагается (по единичным наблюдениям и указаниям) причинно-следственная связь между явлениями, так и вероятностный, учитывающий неполноту информации о характере выявленных связей между исследуемыми геологическими объектами. Разработка логико-математических методов применительно к решению геологических задач в настоящее время находится в стадии своего последовательного развития, но уже первые результаты, полученные с их использованием, обнадеживают [1–4].

Метод включает в себя целеориентированную количественную обработку многопризнаковых характеристик разведанных месторождений, рудопроявлений и объектов прогноза для выявления перспективных участков. Исходные геологические данные характеризуют месторождения и рудопроявления на их ранней поисковой стадии. Геолого-постановочная схема метода строится на предположении о том, что отдельные информационно значимые признаки месторождений не явно, но скрытым образом связаны с «запасами».

Алгоритмические особенности принципа Целевой итерационной классификации включают в себя три основных блока операций [1, 5]: