

*Results of development of fluid wall absorption indicator are presented. Device is intended for use during geological prospecting drilling on coal fields in Donbas.*

**Key words:** *indicator, wall absorption, modeling.*

#### **Литература**

1. Филимоненко Н. Т., Поцепаев В. В., Курдюков Д. В. Результаты теоретического обоснования способа контроля динамики стола жидкости при бкрении скважины / Збірник наукових праць ДонНТУ. Серія гірничо-геологічна. Вип. 11. – Донецьк: ДонНТУ, 2000. – С. 28–29.
2. Декларацийний патент України № 63251А МПК<sup>7</sup> E21B21/10. Сигнализатор падіння рівня рідини в свердловині / Каракозов А. А., Филимоненко М. Т., Куш О. О., Козырев О. М., Паршков О.В., Угнівенко В.В. – Опубл. 15.01. 04, Бюл. №1.
3. Результаты испытаний сигнализатора внезапного падения уровня в скважине / Филимоненко Н. Т., Каракозов А. А., Куш О. А., Козырев О. М. // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-геологічна. Вип. 63. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – С. 78–81.
4. Патент України на корисну модель № 50771 МПК<sup>7</sup> E21B 25/00. Сигнализатор поглинання промивальної рідини в свердловині / Каракозов А. А., Парфенюк С. М., Роль А. В., Сайгайдак І.Д. Назарян А.О. – Опубл. 25.06. 10, Бюл. №13.

*Поступила 12.07.11*

УДК 544.032.7, 622.23.05

**И. В. Петрова, А. И. Малкин**, д-р физ.-мат. наук; **В. М. Занозин**, канд. техн. наук;  
**В. И. Савенко**, канд. физ.-мат. наук

*Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН, г. Москва*

#### **О ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКИХ АКТИВНЫХ СРЕД ПРИ БУРЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ СКАЛЬНЫХ ПОРОД И МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

*Показано, что использование жидких активных сред – понизителей прочности, значительно снижает энергоемкость и упрощает технологию разрушения скальных пород, мерзлых грунтов и строительных материалов. Показано, что линейный износ по высоте сверл, буров и буровых коронок до их полного затупления сократился: при разработке мерзлых грунтов в 5–6 раз, при разработке бетона в 4–5 раз, при разработке горных пород в 3–4 раза.*

**Ключевые слова:** *понизители прочности, разрушение, износ инструмента скальные породы, мерзлые грунты, бетон.*

Проблема ускоренного разрушения конструкций и материалов различной природы приобретает в настоящее время большое значение. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование эффекта адсорбционного понижения прочности (эффекта Ребиндера). Наибольший практический интерес представляет использование эффекта снижения прочности и работы разрушения прочных грунтов и строительных материалов для создания средств ускоренного производства разрушений.

Работы в скальных и мерзлых грунтах, в грунтах с каменистыми включениями, а также разрушение валунов и негабаритов, являются наиболее трудоёмкими, дорогостоящими и, вместе с тем, недостаточно изученными технологическими процессами.

Прочность грунтов характеризуется их способностью сопротивляться внешним силовым воздействиям. Разрушение грунта происходит в результате развития в нем сложного напряженного состояния и рассматривается как результат преодоления сил внутренних связей между частицами. К прочным грунтам относятся скальные и полускальные породы, плотные глинистые, мерзлые грунты и грунты с большим количеством каменистых включений [1, 2].

В настоящее время механические способы разрушения прочных грунтов являются основными. На их долю приходится более 60 % объемов работ.

Использование жидких активных сред – понизителей прочности значительно снижает энергоемкость и упрощает технологию разрушения [3]. Этот способ разрушения является достаточно перспективным, однако, для его реализации необходима разработка конструктивных схем, обеспечивающих согласование режимов работы инструмента с характеристиками составов понизителей прочности и подачу активной среды непосредственно в зону разрушения.

Объектом настоящих исследований являлся процесс разрушения прочных материалов при комплексном воздействии на них понизителей прочности и породоразрушающего механизированного инструмента. Для механического разрушения (разработки) прочных материалов использовался серийный механизированный инструмент. Основные технические характеристики инструмента приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Основные технические характеристики механизированного инструмента**

№ п/п	Наименование	Номинальная мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Частота ударов, Гц	Вид инструмента
1.	Электродрель	0,8	250...300	-	Сверло
2.	Электроперфоратор	0,62	800	52,5	Бур
3.	Промышленный электроперфоратор	2,0	120...250	18...37	Бур
4.	Промышленный мотоперфоратор	3,0	150...200	40...50	Буровая коронка, пика
5.	Промышленный пневмоперфоратор	2,5	180...200	30...33	Буровая коронка
6.	Промышленный гидроперфоратор	3,0	200...250	15...20	Пика

В качестве понизителей прочности использовались следующие разработанные и изготовленные жидкие составы: для разрушения мерзлых грунтов – водные растворы солей йода и хлора с пониженной температурой замерзания; для разрушения прочных строительных материалов и образцов скальных пород – щелочные растворы поверхностно-активных веществ.

В качестве прочных материалов исследовались: мерзлый грунт, образцы горных пород, бетонные (железобетонные) материалы и конструкции.

Экспериментальные исследования процессов разрушения прочных материалов и конструкций проводились в полевых условиях, а также в натурном сооружении из панельного и литого железобетона.

Исследования по разработке мерзлых грунтов проводились в зимний период на специально подготовленных полевых площадках.

Основными задачами исследований являлись: оценка эффективности действия предлагаемых рецептур активных сред на кинетику процесса разрушения прочных материалов породоразрушающим инструментом; определение скоростей разработки прочных материалов при разных способах подачи активной среды в забой; оценка влияния активной среды на износостойкость и ресурс грунторазрабатывающего инструмента при разработке прочных материалов.

В качестве основных критериев эффективности процессов разрушения прочных материалов при комплексном воздействии на них понизителей прочности и механизированного инструмента приняты скорость разработки и износостойкость инструмента. В качестве количественного показателя износостойкости инструмента принят их линейный износ по высоте режущих элементов.

При этом износ считался предельным, если скорость разработки затупленным породоразрушающим инструментом не превышала 20 % от скорости разработки новым инструментом.

При проведении исследований фиксируемыми параметрами являлись: состав активной среды и его удельный расход; вид разрабатываемого материала и его прочность; применяемые средства производства разрушений и инструмент; габаритные размеры и объем разработанной выемки; усилие подачи инструмента на забой; частота вращения рабочего инструмента (при бурении); частота ударов инструмента (при ударно-вращательном бурении); время и скорость разработки заданной выемки (шпура); общее время работы инструментом.

Определение объемов разрабатываемых отверстий (шпуров), скоростей бурения прочных материалов, проводилось методом вычисления в соответствии с разработанными методическими рекомендациями [3-9].

Известно, что скорость разработки прочных материалов зависит от ряда факторов, и, в первую очередь, от эксплуатационных и технических параметров механизированного инструмента, включая: осевое усилие подачи инструмента; крутящий момент; частоту вращения; частоту и энергию ударов.

С целью получения объективных оценочных параметров процессов разрушения прочных материалов, эксперименты проводились параллельным методом (с применением и без применения активной среды) при прочих равных условиях и одинаковых значениях эксплуатационно-технических характеристик механизированного инструмента.

В ходе проведения натуральных исследований разрабатывались мерзлые песчаные, суглинистые и глинистые грунты прочностью от 45 до 140 ударов плотномера ДорНИИ.

Полученные в ходе исследований средние значения скоростей разрушения мерзлых грунтов механизированным инструментом и характер их изменения по глубине разрабатываемой выемки представлены в табл. 2 и на рис. 1. В качестве активной среды использовался водный раствор  $\text{CaCl}_2$  с температурой замерзания  $-18^\circ\text{C}$  с добавкой йодистого калия в количестве 8 г на 1 литр раствора.

Испытываемый состав активной среды обеспечивает снижение прочности и удельной работы разрушения мерзлых грунтов. Компоненты активной среды влияют на интенсивность таяния льда в мерзлых грунтах (содержание льда в грунте составляло от 10 до 30 % от объемной массы грунта) и снижают связность составляющих его структуру частиц глины и песка. Кроме того, компоненты активной среды обладают смазочно-охлаждающими свойствами, существенно снижающими силы трения грунта о рабочий инструмент. В комплексе эти свойства активной среды ускоряют процесс разрушения мерзлых грунтов механизированным инструментом.

**Таблица 2. Средние значения скоростей разрушения мерзлых грунтов механизированным инструментом**

Грунт	Влажность грунта (содержание льда), %	Прочность грунта (кол-во ударов С), ед.	Средняя скорость разрушения, см/с		Способ подачи активной среды в забой
			с активной средой	без активной среды	
<b>Электродрель со сверлом Ø 20 мм</b>					
песок	9–10	110–140	0,6–0,7	0,54–0,63	по поверхности сверла
суглинок	16–18	75–80	0,7–0,8	0,55–0,64	
глина	25–27	60–70	0,9–1,0	0,6–0,7	
<b>Гидроперфоратор с пикой Ø 24 мм</b>					
песок	9–10	110–140	0,8–0,9	0,7–0,8	по поверхности пики
суглинок	16–18	75–80	0,9–1,0	0,8–0,85	
глина	25–27	60–70	1,1–1,2	0,85–0,96	
<b>Мотоперфоратор с буровой коронкой Ø 32 мм и пикой 22 мм</b>					
песок	9–10	110–140	0,7–1,0	0,5–0,7	через буровую коронку
суглинок	16–18	75–80	1,1–1,2	1,0–1,1	по поверхности пики
глина	25–27	60–70	1,2–1,3	1,0–1,1	

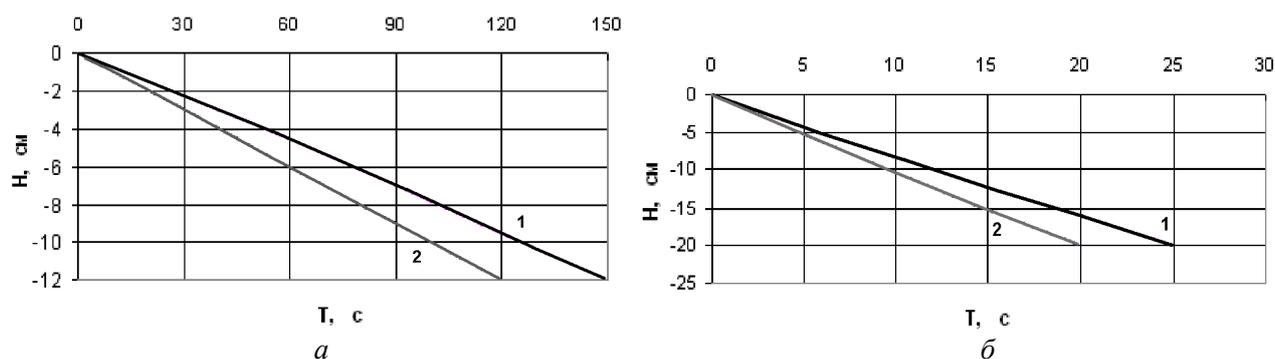


Рис.1. Характер изменения скорости бурения мерзлых грунтов по глубине шпуров: а) электроперфоратор  $N=2,0$  кВт с буром  $d=40$  мм (линия 1 – без активной среды, линия 2 – с активной средой), б) гидроперфоратор с пикой  $d=24$  мм (линия 1 – без активной среды, линия 2 – с активной средой)

Испытываемый состав активной среды обеспечивает снижение прочности и удельной работы разрушения мерзлых грунтов. Компоненты активной среды влияют на интенсивность таяния льда в мерзлых грунтах (содержание льда в грунте составляло от 10 до 30 % от объемной массы грунта) и снижают связность составляющих его структуру частиц глины и песка. Кроме того, компоненты активной среды обладают смазочно-охлаждающими свойствами, существенно снижающими силы трения грунта о рабочий инструмент. В комплексе эти свойства активной среды ускоряют процесс разрушения мерзлых грунтов механизированным инструментом.

Исследованиями установлено, что кинетика процесса разрушения мерзлого грунта напрямую зависит от способа подачи активной среды в забой и его количества.

При этом превышение средней скорости разработки мерзлого грунта при использовании активной среды, в сравнении с сухим бурением, составило: в песчаных грунтах - около 10 %; в суглинистых грунтах – 15–20 %; глинистых грунтах - 20–30 %.

Установлено, что процесс разрушения мерзлого грунта наиболее эффективен и стабилен (по глубине разрабатываемых шпуров) при подаче активной среды непосредственно в рабочую зону породоразрушающего инструмента. При этом процесс адсорбционного и смазочно-охлаждающего воздействия на разрабатываемую среду стабилен по всей глубине шпура. В разрабатываемые мотоперфоратором шпуры активная среда подавалась в забой от компрессора в полу ю штангу и далее непосредственно в буровую коронку.

Превышение средних скоростей разработки мерзлого насыпного песка пневмоперфоратором на глубину 300 мм и подаче активной среды непосредственно в рабочую зону инструмента составило до 40 %.

При работе мотоперфоратора с буровой коронкой средний удельный расход активной среды на объем разработанного шпура составил  $0,02$  г/см<sup>3</sup>.

Исследованиям подвергались образцы горных пород с коэффициентом крепости от 5 до 10 по шкале профессора М.М.Протоdjякова, а также бетонные и железобетонные материалы прочностью при одноосном сжатии от 54 до 650 кг/см<sup>2</sup>. Исследованиями установлено, что жидкие активные среды существенно ускоряют процесс их механического разрушения. При этом скорость процесса разрушения зависит от плотности и прочности материала, применяемого породоразрушающего инструмента и способа подачи активной среды непосредственно в зону разрушения.

Во всех опытах в качестве активной среды использовался водный раствор КОН с  $pH = 12,2$  с добавкой ЦТАБ в концентрации 10 моль/л.

Установлено, что наибольший эффект воздействия активной среды на процесс разрушения достигается в менее плотных бетонах (пенобетоне, керамзитобетоне). Скорость разработки шпуров в этих материалах с применением активной среды увеличивается на 20–25 % в сравнение с сухим бурением.

В более плотных бетонах (железобетонах) процесс воздействия активной среды на процесс их разрушения снижается. Так при прочности железобетона марки 600 средняя скорость бурения в сравнении с сухим бурением увеличивается только на 10–15 %.

При разработке образцов горных пород процесс их механического разрушения также зависит от их структуры и наличия трещиноватостей. Установлено, что в среднем песчанике, состоящем из

сравнительно крупного песка ( $G_{СЖ} = 520-680 \text{ кг/см}^2$ ) скорость бурения с применением активной среды превышает скорость бурения близких по твердости образцов известняка на 20–25 %. На кинетику процессов разрушения прочных материалов в значительной степени оказывает и способ подачи активной среды в забой.

При разработке бетона и образцов горных пород сверлами и бурами при подаче активной среды на их поверхности вне забоя эффективность адсорбционного и смазочно-охлаждающего воздействия проявляется на глубине до 10 см. Проникновение активной среды самотеком в забой затрудняется из-за поступающей из забоя плотной массы разработанного материала.

При данном способе подачи активной среды в забой превышение средних скоростей бурения шпуров сверлами ( $\varnothing 12, 16, 20$  и  $40$  мм) в сравнении с сухим бурением составило: при разработке бетонов марки М 60 – 20–25 %; при разработке бетонов марки М 200 – 15–20 %; при разработке железобетонов марки М 600 – 10–15%.

Наибольшая эффективность процесса разрушения была достигнута при работе промышленного пневмоперфоратора и мотоперфоратора, конструктивные особенности которых позволяли подавать активную среду непосредственно в забой.

В пневмоперфораторе активная среда поступала в рабочую зону в виде смеси активной среды со сжатым воздухом. При этом удельный расход активной среды в пневмоперфораторе составил до  $0,8 \text{ г/см}^3$ .

Средние скорости разработки железобетона марки М 600 при подаче активной среды в забой составили при бурении пневмоперфоратором шпуров диаметром  $40$  мм –  $0,13-0,15 \text{ см/с}$ ;

Превышение средних скоростей разработки в сравнении с существующими технологическими процессами составило при бурении шпуров пневмоперфоратором – на 10..15 %;

Средние скорости бурения шпуров мотоперфоратором в образцах скальных пород 5–10 категорий крепости по шкале М.М. Протодяконова при подаче активной среды в забой составили  $0,15-0,25 \text{ см/с}$ . При этом средние скорости бурения превышали скорости при сухом бурении на 20–25 %.

В процессе исследований установлено, что наибольший эффект активные среды оказывают на абразивный износ и износостойкость инструмента. Поверхностно-активные вещества оказывают влияние на процесс разрушения не только как понизители прочности материалов, но и как средства, снижающие интенсивность силовых и тепловых нагрузок на породоразрушающий инструмент:

Интенсивность затупления инструмента определялась при разработке мерзлых грунтов, скальных пород, бетонных и железобетонных конструкций.

Исследованиям на износостойкость подвергался следующий породоразрушающий инструмент: буры диаметром  $12, 16, 20$  и  $40$  мм электроперфораторов, буровые коронки диаметром  $32$  и  $40$  мм мото- и пневмоперфораторов .

Анализ результатов исследований показывает, что применение активных сред при разработке прочных материалов снижает абразивный износ породоразрушающего инструмента и повышает в 3–6 раз его ресурс в зависимости от разрушаемого материала, вида инструмента и способа подачи активной среды в забой.

#### **Выводы**

Результаты натурных экспериментов по оптимизации методов разрушения позволяют сделать следующие выводы:

1. При разработке мерзлых грунтов прочностью от 45 до 140 единиц и влажностью 10–30 % с помощью электро-, гидро- и мотоперфораторов превышение средних скоростей разрушения при использовании жидких активных сред в сравнении с сухим бурением составило: в песчаных грунтах – до 10 %; в суглинистых грунтах – 15–20 %; в глинистых грунтах – 20–30 %.

2. При разработке прочных строительных материалов (бетонных, железобетонных конструкций и образцов горных пород) превышение средних скоростей разрушения при использовании жидких активных сред составило: в бетонах марки М 200 – 15–20 %; в железобетонах марки М 600 – 10–15%; в горных породах 5–10 категории крепости – 20–25 %.

3. Эффективность действия жидких активных сред на разрушающую среду зависит от способа подачи в рабочую зону. Наибольший эффект достигается при подаче активной среды в забой под давлением через технологические отверстия в буровых штангах и буровых коронках мото- и пневмоперфораторов. При этом процесс разрушения происходит равномерно по всей глубине шпура.

4. Проведенными исследованиями установлено, что наибольший эффект активные среды оказывают на абразивный износ и износостойкость инструмента. Средний линейный износ по высоте сверл, буров и буровых коронок до их полного затупления сократился: при разработке мерзлых

грунтов – в 5–6 раз; при разработке бетона и железобетонных – в 4–5 раз; при разработке горных пород – в 3–4 раза.

*Показано, що використання рідких активних середовищ - понижувачів міцності, значно знижує енергоємність і спрощує технологію руйнування скельних порід, мерзлих ґрунтів і будівельних матеріалів. Показано, що лінійний знос по висоті свердел, бурів і бурових коронок до їх повного затуплення скоротився: при розробці мерзлих ґрунтів у 5–6 разів, при розробці бетону в 4-5 разів, при розробці гірських порід в 3-4 рази.*

**Ключові слова:** понижувачи міцності, руйнування, знос інструменту скельні породи, мерзлі ґрунти, бетон.

*It has been shown that employment of liquid active working fluids (reducers of strength) results in essential decrease in energy consumption and simplification of destruction technology for rocks, frozen grounds and building materials. The linear wear along the cutting tools height (drills, augers and boring bite) until their complete blunting was reduced 5–6 times for frozen ground, 4–5 times for concrete and 3–4 times for rocks.*

**Key words:** reducers of strength, destruction, wear of tools, rock, frozen ground, concrete.

### Литература

1. Крапивин М.Г. Горные инструменты. М.: Недра, 1979. – 264 с.
2. Спивак А.И., Попов А.Н. Разрушение горных пород при бурении скважин. М.: Недра, 1979. – 239 с.
3. Каган А.А. Расчетные показатели физико-механических свойств грунтов. Л.: Издательство литературы по строительству, 1973. – 144 с.
4. Зеленин А.М. Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1975. – 422 с.
5. Зеленин А.М. Резание грунтов землеройными машинами М.: Машиностроение, 1971. – 263 с.
6. Чеченков М.С. Современные методы разработки прочных грунтов. Л.: Стройиздат, 1980. – 128 с.
7. Чеченков М.С. Разработка прочных грунтов. Л.: Стройиздат, 1987. – 232 с.
8. Бирюков М.С., Казарновский В.Д., Мотынев Ю.Л. Методическое пособие по определению физико-механических свойств грунтов. М.: Недра, 1975. – 177 с.
9. Федоренко П.И. Буровзрывные работы. М.: Недра, 1991. – 272 с.

Поступила 17.06.11

УДК 622.24.06

**А. Н. Давиденко**, д-р техн. наук, **П. П. Полищук**

*ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина*

### **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ НА БУРОВОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРИ СООРУЖЕНИИ СКВАЖИН**

*В статье представлены результаты исследований влияния электрохимически активированной промывочной жидкости на буровой инструмент при проведении буровых работ.*

**Ключевые слова:** промывочная жидкость, электрохимическая активация, буровой инструмент.

Одним из основных факторов влияющим на производительность процесса бурения при сооружении скважин есть физико-химическое взаимодействие промывочных жидкостей с горными породами и буровым инструментом. Буровой раствор – сложная структурированная коагуляционно-тиксотропная дисперсная система. Управление свойствами этой системы в основном сводится к изменению ее физико-химического состояния. Много исследователей посвятили свои работы изучению влияния промывочной жидкости на горные породы и буровой инструмент с привлечением