

ПРЕИМУЩЕСТВА ВОЗДУХА КАК ЦИРКУЛЯЦИОННОГО АГЕНТА ПРИ БУРЕНИИ СКВАЖИН

Н. Д. Михайлова

Постоянное совершенствование технологии бурения разведочных скважин, вызванное увеличением их глубин, а также все возрастающей сложностью и разнообразием геолого-технических условий, привело к созданию большого количества различных промывочных агентов. Применяемые в настоящее время промывочные агенты—от воздуха и природного газа до утяжеленных глинистых растворов—обладают весьма различными физическими свойствами, оказывающими значительное влияние на буровой процесс и основные показатели бурения.

Одним из наиболее доступных промывочных агентов является воздух, применение которого в засушливых и безводных районах и в зонах распространения многолетнемерзлых пород представляется наиболее целесообразным. В связи с этим в последние годы большое внимание уделяют внедрению продувки скважин, экономическая эффективность которой становится все более очевидной [1, 3]. Однако все еще ограниченное применение продувки скважин обусловлено рядом причин (отсутствием компрессоров, эффективных средств борьбы с водопритоками и др.), что не позволяет использовать наиболее выгодно преимущества, заложенные в воздухе как в промывочном агенте.

В чем основные преимущества воздуха? Прежде всего, в его доступности, что позволяет устранить проблему водоснабжения, особенно острую в условиях потерь циркуляции.

Применение воздуха в качестве промывочного агента в благоприятных условиях приводит к существенному увеличению показателей работы породоразрушающего инструмента — механической скорости бурения и величины проходки [1, 3, 5, 6]. Это преимущество следует считать наиболее важным.

Основной причиной улучшения работы породоразрушающего инструмента при продувке скважины воздухом является более интенсивная очистка забоя. Для подтверждения этого положения рассмотрим условия очистки забоя при применении промывочных агентов, обладающих различными физико-механическими свойствами.

Считается общепризнанным, что процесс переноса потоком твердых частиц во взвешенном состоянии представляет собой прямое след-

ствие турбулентности потока жидкости или газа [2]. Следовательно, эффективность очистки забоя скважины будет определяться в первую очередь уровнем турбулентности потока промывочного агента.

При очистке скважины в зависимости от количества Q и качества промывочного агента на забое будет существовать ламинарный либо турбулентный пограничный слой с определенным по величине ламинарным подслоем, в котором в наиболее высокой степени проявляются вязкостные свойства потока.

Уровень турбулентности может быть определен критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{vD\rho}{\mu},$$

где v —скорость потока, $м/сек$; D —эквивалентный диаметр канала, $м$; ρ —плотность среды, $кг/м^3$; μ —динамический коэффициент вязкости $кг \cdot сек/м^2$.

Из этого определения Re следует, что интенсивность турбулентных вихрей потока тем выше, чем выше инерционные силы и чем меньше вязкостные.

Толщина ламинарного подслоя, в котором условия переноса твердых частиц заметно ухудшены, определяется режимом течения потока и физическими свойствами среды [4].

$$\frac{\delta_0}{D} = \frac{63,5}{Re^{7/8}},$$

где δ_0 —толщина ламинарного подслоя, $м$; D —эквивалентный диаметр канала потока, $м$.

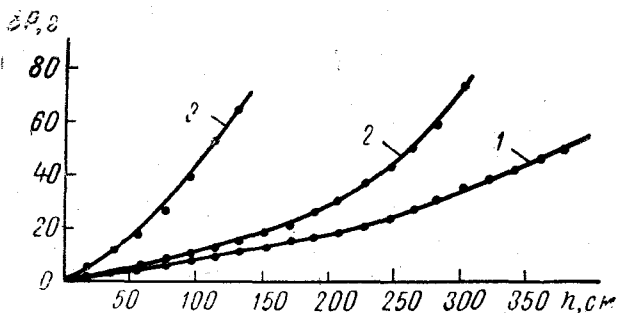


Рис. 1. Изменение весового износа коронок СА при бурении по абразивным блокам при постоянных режимных параметрах: $P=450$ кг, $n=237$ об/мин и различных промывочных средах:

1—воздух; 2—вода; 3—глинистый раствор

Для сравнения очистной способности наиболее распространенных промывочных агентов: воды, глинистого раствора и воздуха было проведено экспериментальное бурение коронками СА-59 по однородным искусственным блокам (абразивным камням) с постоянными нагрузкой и числом оборотов. Расход промывочных агентов задавался исходя из максимальных значений рекомендуемых скоростей восходящего потока, обеспечивающих устойчивое транспортирование шлама в затрубном пространстве.

Влияние свойств промывочного агента на работоспособность коронок представлено на рис. 1 и 2. Из графиков видно, что при

бурении с продувкой воздухом получен наименьший износ коронок на единицу проходки при большем значении механической скорости.

Для анализа очистной способности промывочных агентов и влияния уровня турбулентности потока на эффективность очистки был произведен расчет фактически имевших место значений числа Рейнольдса и толщины ламинарного подслоя под торцом коронки СА-59 при опытном бурении. Из результатов расчетов следует, что по мере возрастания вязкости промывочного агента значения числа Рейнольдса под торцом коронки убывают относительно предыдущих в три—пять раз, что не может не оказывать решающего влияния на процесс очистки забоя скважины и износ инструмента:

	γ , г/см ³	μ , пз	Q , м ³ /сек	v , м/сек	v_k , м/сек	Re	δ_0 , мм	Re _{отн}
Воздух . . .	0,00169*	$1,82 \cdot 10^4$	0,01396	9,7	10,75	14150	0,209	3,58
Вода . . .	1,0	0,010	0,000363	0,25	0,28	3948	0,54	1
Глинистый раствор . . .	1,20	0,060	0,0001987	0,138	0,153	434	7,6	0,11

* Удельный вес воздуха определен с учетом давления в призабойной зоне 1,5 ат.

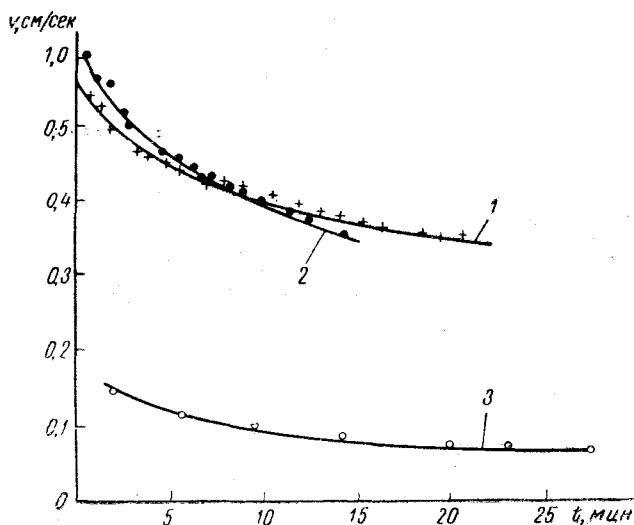


Рис. 2. Изменение средней механической скорости во времени при очистке забоя:

1—воздухом; 2—водой; 3—глинистым раствором

При этом особое значение приобретает вязкость промывочного агента, поскольку изменение плотности промывочного агента γ , как правило, компенсируется изменением требуемой величины скорости восходящего потока v . Динамические силы потока $vD\rho$, оставаясь примерно на одном уровне, не изменяют степени турбулентности, тогда как вязкостные силы потока (μ) оказывают на нее решающее влияние.

Таким образом, наилучшим условием очистки забоя является продувка воздухом, так как благодаря высокой требуемой скорости потока и низкой скорости воздуха уровень турбулентности потока в этом

случае наиболее высокий. Хуже условия очистки забоя при промывке водой, так как уровень турбулентности потока в 3,58 раза ниже, чем при продувке воздухом. Значительное ухудшение очистки забоя имеет место при применении глинистого раствора, уровень турбулентности потока которого будет еще ниже расчетного за счет затраты части энергии потока на перенос собственно глинистых частиц, т. е. твердой фазы глинистого раствора.

Сравнение графиков на рис. 1 и 2 с приведенными данными указывает на четкую зависимость между величиной турбулентности потока и основными показателями работы коронок. В условиях одной и той же проходки на коронку (например, 100 см) при переходе от одного промывочного агента к другому в указанной последовательности: воздух—вода—глинистый раствор весовой износ коронок возрастает и особенно значительно при глинистом растворе.

Проведенные опыты и расчетные данные показывают явное преимущество воздуха как промывочного агента с точки зрения его высокой очистной способности и обеспечения благоприятных условий работы породоразрушающего инструмента. Другим важным преимуществом воздуха (газа), прежде всего обратившем на себя внимание исследователей, является весьма малая плотность и в силу этого значительно меньшее, чем в случае применения промывочных жидкостей, статическое давление на забой скважины [3]. Наиболее убедительно это преимущество было продемонстрировано опытами Каннингама [5], доказавшего не только сам факт существенного влияния статического давления заполняющей скважину среды на процессы объемного разрушения породы забоя и механическую скорость бурения, но и резкое возрастание выгод применения воздуха или газа с увеличением глубины скважины, объясняемое указанным эффектом.

Существенным преимуществом воздуха по сравнению с другими промывочными агентами является его сжимаемость. Дело в том, что в силу непрерывного падения давления воздуха по направлению потока его среднее давление, а следовательно, и средний удельный вес в бурильных трубах (при прямой циркуляции) всегда выше, чем в кольцевом пространстве. При малых глубинах эта разница невелика, но с увеличением глубины скважины она сказывается все сильнее, и все в большей мере играет роль повышенный вес столба сжимаемой среды в бурильных трубах.

В силу эффекта сообщающихся сосудов требуемый прирост давления нагнетания с увеличением глубины скважины постепенно снижается, стремясь к некоторому постоянному значению. В связи с этим при сверхглубоком бурении потребное давление воздуха (или другого газообразного агента) и необходимые для этого расходы энергии не будут возрастать беспредельно, как это имеет место при использовании в качестве промывочной среды капельных жидкостей.

Незамерзаемость воздуха при температурах и давлениях, которые мы имеем при бурении скважин по многолетнемерзлым породам, является еще одним его преимуществом перед другими промывочными агентами.

Таким образом, преимущества продувки скважин воздухом с целью повышения производительности буровых работ говорят о необходимости применения этого метода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов Б. Б., Михайлова Н. Д. Влияние вязкости промывочной жидкости на работоспособность твердосплавных буровых коронок. ОНТИ ВИЭМС, вып. 83. М., 1965.
 2. Леви И. И. Динамика русловых потоков. Гостоптехиздат, 1957.
 3. Филатов Б. С. и др. Бурение геологоразведочных скважин с продувкой воздухом. М., Недра, 1964.
 4. Эккерт Э. Р., Дрейк Р. М. Теория тепло- и массообмена. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.
 5. Cunningham R. A., Goins W. S. How mud properties affect drilling rate. *Petrol. engng.*, vol. 29, № 5, 1957.
 6. Van Lingen H. N. Ursachen des kleineren Bohrforschrittes auf Teufe. *Erdol u. Kohle*, 17, № 4, 1964.
-