

БУРЕНИЕ СКВАЖИН С ПРОДУВКОЙ ЗАБОЯ СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

П. М. Степанов

В настоящее время на твердые породы в общем объеме разведочного колонкового бурения приходится около 25—30%. Бурение осуществляется дробью. Около 50% работ по дробовому бурению к концу семилетки (1959—1965 гг.) будет заменено мелкоалмазным. Таким образом, улучшение технологии бурения дробью по-прежнему играет большую роль в ускорении разведки месторождений минерального сырья. Одним из путей совершенствования технологии дробового бурения является продувка забоя сжатым воздухом вместо промывки водой.

Воздух, как промывочный агент, не способен удерживать стенки скважины от обрушения, но этого при бурении дробью в крепких породах, как правило, и не требуется. Остальные требования, предъявляемые к промывочному агенту, сжатый воздух выполняет успешно.

При развертывании работ по бурению с продувкой в СССР (1956—1957 гг.) основной упор был сделан на бурение твердыми сплавами и шарошечными долотами. Считалось, что продувка при бурении дробью возможна только при совершенно сухом разрезе [1]. Работы (1958—1959 гг.) кафедры техники разведки Ленинградского горного института в содружестве с Северо-западным геологическим управлением в Хибинах и Комсомольской экспедиции в отрогах Сихотэ-Алиня показали, что дробовое бурение с продувкой успешно применимо и при наличии обводненности пород.

Геологический разрез района, где проводились наши опытные работы, представлен комплексом нефелиновых пород с включением мощных апатитовых рудных тел. Породы сильно трещиноваты и относятся к VIII—X категориям по буримости (рис. 1). Водоносные горизонты с большим удельным дебитом залегают на отметках 200 м от устья скважины и ниже. В то же время притоки воды в скважину 10—30 л/час, обусловленные выпадением атмосферных осадков и вскрытием вертикальных наполненных водой трещин, отмечаются с глубины 15—10 м от устья. Такие условия сложны тем, что малые водопритоки вызывают образование грязевых пробок и «сальников» в скважине.

Целесообразность бурения с продувкой определялась трудностями в водоснабжении, ибо большую часть года единственным источником воды в суровых условиях Заполярья является снеготаяние. Емкость снеготаялок не превышает 1,5—2 м³, а их производительность 6 м³ воды в сутки. Этого количества недостаточно для нормальной работы при

проходке зон потерь циркуляции и поэтому возникают простои, достигающие 30% в балансе рабочего времени.

Опытное бурение скважин 210 и 3ш производилось буровыми станками ЗИФ-650А с приводом от электродвигателя. Сжатый воздух подавался от компрессорных станций типа ЗИФ-55 с приводом от двигателя ЗИЛ-120 (скважина 210) и от электродвигателя мощностью 28 квт: $n=730$ об/мин (скважина 3ш) (рис. 2).

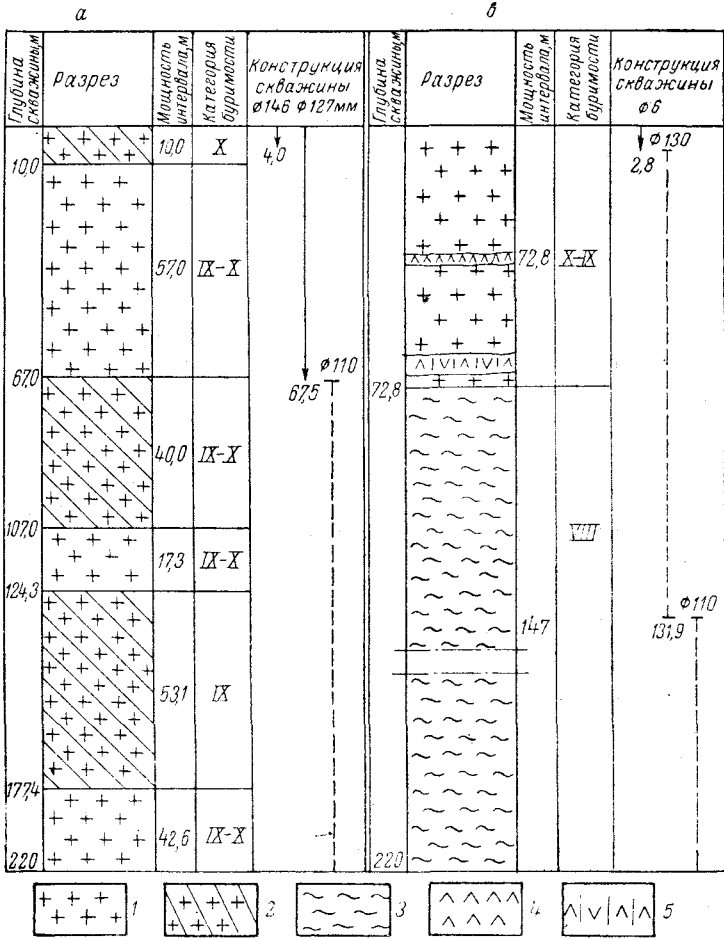


Рис. 1. Фактические геологические колонки и конструкции скважин: а — 210; б — 3ш:

1 — рискоррит эгириновый трещиноватый; 2 — рискоррит астрофиалитовый трещиноватый; 3 — апатито-нефелиновое рудное тело; 4 — включения ийолита; 5 — включения малиньита

На скважине 3ш производительность компрессорной станции с учетом поправок на уменьшение числа оборотов двигателя и на высоту над уровнем моря не превышала $3 \text{ м}^3/\text{мин}$. Поправочный коэффициент для приведения производительности компрессора к нормальным условиям ($t=0^\circ$, $P_0=1 \text{ атм}$).

$$K = 0,36 \frac{B}{273 + t},$$

где B — барометрическое давление, мм рт. ст.;
 t — температура атмосферного воздуха, град.

Контроль за количеством сжатого воздуха, подаваемого в скважину, осуществлялся по расходомеру В-1. Избыточное количество воздуха сбрасывалось дросселированием через однодюймовый ventиль и по отводному шлангу поступало в выкидную линию. Это позволяло улучшать условия эксплуатации герметизирующего устройства и обеспечивало быстрый вынос частиц шлама из горизонтальной отводной трубы. В буровой снаряд выше колонковой трубы включались съемные шламовые трубы длиной 1,5—2 м (рис. 3).

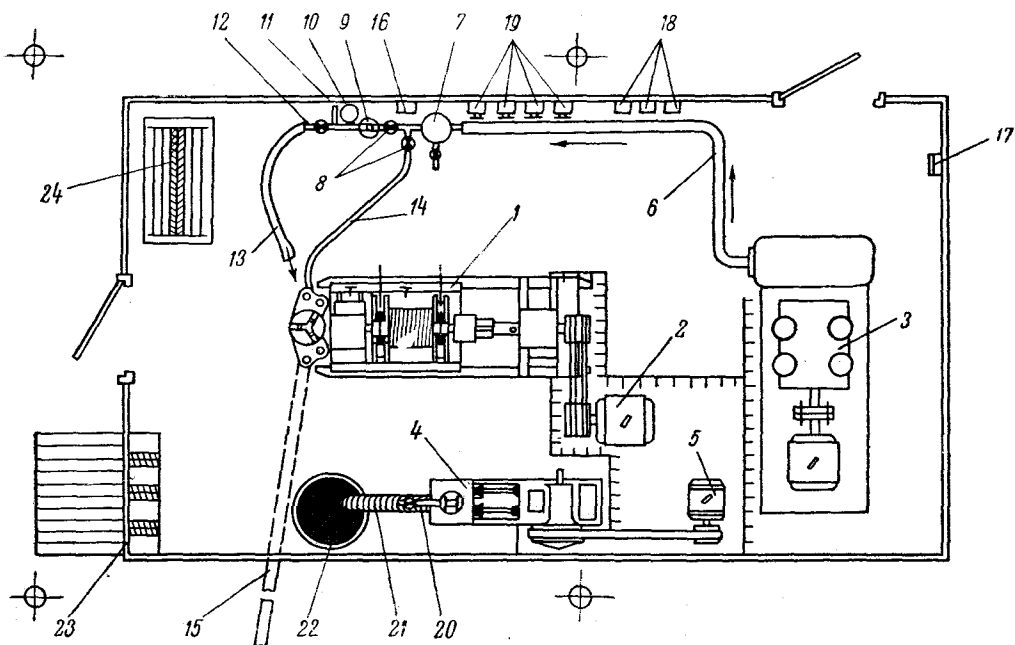


Рис. 2. Схема расположения оборудования на скважине Зш:

1 — станок ЗИФ-650А; 2 — электродвигатель мощностью 28 квт; 3 — компрессор; 4 — насос ЗИФ-Р-200/40; 5 — электродвигатель мощностью 14 квт; 6 — воздушная нагнетательная линия; 7 — маслолагоотделитель; 8 — ventили для дросселирования и точной регулировки расхода воздуха; 9 — расходомер В-1; 10 — манометр; 11 — термометр; 12 — выходной ventиль; 13 — нагнетательный шланг; 14 — отводной шланг; 15 — выкидная линия; 16 — барометр БАММ; 17 — уличный термометр; 18 — электронизмерительная аппаратура; 19 — рубльники; 20 — гидравлическая нагнетательная линия (шланг не показан); 21 — всасывающий шланг; 22 — емкость для воды; 23 — электроснеготаялка; 24 — электропечь

Устье скважины в первый период опытных работ оборудовалось герметизирующим устройством конструкции МГРИ [1], а затем герметизирующим устройством ЛГИ (рис. 4), установленным на тройник с отводным патрубком диаметром 108 мм.

После выяснения возможности бурения дробью с продувкой забоя сжатым воздухом основной целью проводившихся работ являлась разработка технологии бурения с продувкой и определение возможной экономической эффективности нового метода. Остановимся более подробно на технологии бурения.

Выбор истирающего материала. В качестве истирающего материала применялась буровая дробь: чугунная № 2, 3, 4; стальная — сечка № 3; 3,5. Количество дроби, подаваемой на забой, определялось таким же образом, как и при бурении с промывкой, и составляло 250—300 г на 1 см диаметра коронки для стальной и 1,5 кг на 1 см диаметра коронки для чугунной. В основном засыпка была рейсовой, но одновременно проводились опыты по периодической засыпке с помощью дробопитателей.

Установлено, что при бурении с продувкой наиболее эффективно работает стальная дробь-сечка № 3 и 3,5, дающая незначительное количество дробового шлама и позволяющая при периодическом питании увеличить проходку на рейс в монолитных породах до 3—3,5 м. Однако при бурении сильно трещиноватых пород очень велики потери дроби и резко снижаются проходка на рейс (до 0,3—0,4 м) и выход керна. Для устранения этих недостатков и получения достаточно высокой механической скорости применялась смесь стальной и чугушной дроби в пропорции 1:4, 1:3 из расчета 175—200 г стальной и 600—700 г чугушной

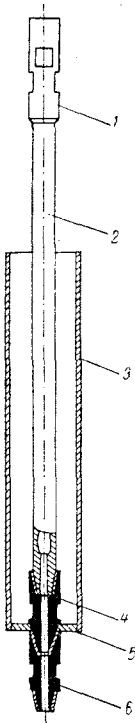


Рис. 3. Съемная шламовая труба:

1 — муфта замка; 2 — штанга; 3 — шламовая труба; 4 — конус замка; 5 — дно шламовой трубы с отверстием под конус замка; 6 — переходник

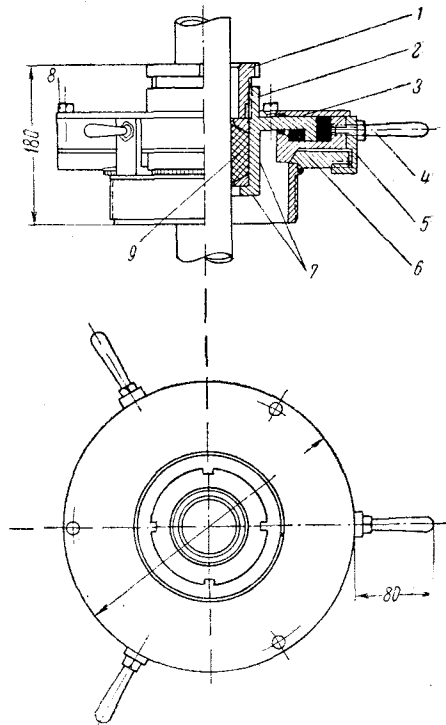


Рис. 4. Герметизирующее устройство Ленинградского горного института:

1 — нажимная гайка; 2 — корпус сальника; 3 — крышка; 4 — болт-рукоятка; 5 — скоба шлицевого крепления; 6 — корпус герметизирующего устройства; 7 — съемные шайбы; 8 — крепежный болт; 9 — уплотнение

дроби на 1 см диаметра коронки. Буровыми наконечниками служили стандартные дробовые коронки (ГОСТ 6250—52) с треугольным вырезом сечением 45—70 см². При меньшей площади сечения выреза резко сокращается возможность самозаклинки керна и улучшаются условия охлаждения коронки.

Определение необходимого количества воздуха. Правильный подбор расхода воздуха является основным фактором, определяющим успешность работы, причем расходы воздуха для сухих и обводненных скважин различны. Для определения количества воздуха, потребного в сухих

скважинах, нами были установлены критические скорости $v_{кр}$, необходимые для поддержания во взвешенном состоянии дробы той или иной крупности при различных давлениях воздуха на забое. Расчет производился по параметру Рейнольдса—Лященко [4] (этот метод для твердосплавного бурения с продувкой впервые применен Б. Б. Кудряшовым [3]).

Определенные для идеальных шаров критические скорости v_0 умножались на коэффициент $k_1=0,7$, учитывающий отклонение формы буровой дробы от формы идеального шара

$$v_{кр} = k_1 v_0. \quad (1)$$

При вычислении $v_{кр}$ для стальной дробы вначале определяется приведенный диаметр дробы $d_{пр}$, т. е. диаметр шара, объем которого равен объему стальной дробинки-сечки. Расчет производился для дробы № 2,5; 3; 3,5 и 4. Диаметры 0,5; 1 и 2 мм стальная дробь-сечка будет иметь в процессе работы на забое, когда она приобретет форму, близкую к шару.

Порядок расчета v_0 по параметру Рейнольдса — Лященко следующий.

1. Движущая сила веса тела

$$G_0 = \frac{\pi d^3}{6} (\delta - \rho) g, \text{ дн}, \quad (2)$$

где d — диаметр дробы, см;

δ — удельный вес дробы, г/см³ (для чугуновой дробы — 7,5 г/см³, стальной 7,8 г/см³);

ρ — плотность промывочной среды (для сжатого воздуха при $t = 0^\circ$ и $P_0 = 1 \text{ ата}$ $\rho = 0,001293 \text{ г/см}^3$; при $t = 15^\circ$ и $P_0 = 1 \text{ ата}$ $\rho = 0,00123 \text{ г/см}^3$).

2. Безразмерная величина Li (параметр П. В. Лященко)

$$Re^2 \psi = Li = \frac{G_0 \rho}{\mu^2}, \quad (3)$$

где Re — число Рейнольдса;

ψ — коэффициент сопротивления по Рэлею;

μ — вязкость воздуха, пуаз.

При давлении воздуха 1—10 ата и постоянной температуре вязкость изменяется крайне незначительно и может считаться постоянной: при $t = 15^\circ$ и $P = 1-10 \text{ ата}$ $\mu = 0,00018 \text{ пуаз}$; при $t = 0^\circ$ и $P = 1-10 \text{ ата}$ $\mu = 0,000173 \text{ пуаз}$.

3. По диаграмме зависимости $Re^2 \psi$ и Re определяем параметр Рейнольдса (Re).

4. Критическая скорость для идеального шара

$$v_0 = \frac{Re \mu}{100 a \rho}, \text{ м/сек}. \quad (4)$$

5. Критическая скорость для соответствующего размера дробы определяется по формуле (1). На забое в мерзлых породах температура 15° наиболее вероятна. С понижением температуры до 0° $v_{кр}$ уменьшается незначительно (рис. 5, а), следовательно, при практических расчетах можно исходить из $v_{кр}$ при $t = 15^\circ$.

С целью определения расхождения фактических значений $v_{кр}$ с расчетными перед началом бурения скважины Зш проводилось моделирование на макете. Роль буровой скважины выполняла при этом обсадная труба длиной 4 м, диаметром 127/118 мм, закрытая снизу специальной

крышкой. В обсадную трубу опускался буровой снаряд с колонковой трубой диаметром 108 или 89 мм и засыпалась дробь. Воздух подавался от компрессорной станции ЗИФ-51, а его расход контролировался двумя расходомерами В-1, установленными на нагнетательной и отводной линиях. Были определены $v_{кр}$ для чугунной дроби № 2, 3, 4, 5 и стальной дроби-сечки № 3; 3,5.

Расхождения значений $v_{кр}$, полученных и вычисленных, не превышали для чугунной дроби 3—5%, а для стальной сечки 5—9%.

Чтобы определить количество воздуха, потребное для создания $v_{кр}$, необходимо знать давление воздуха на забое. Потери давления в затруб-

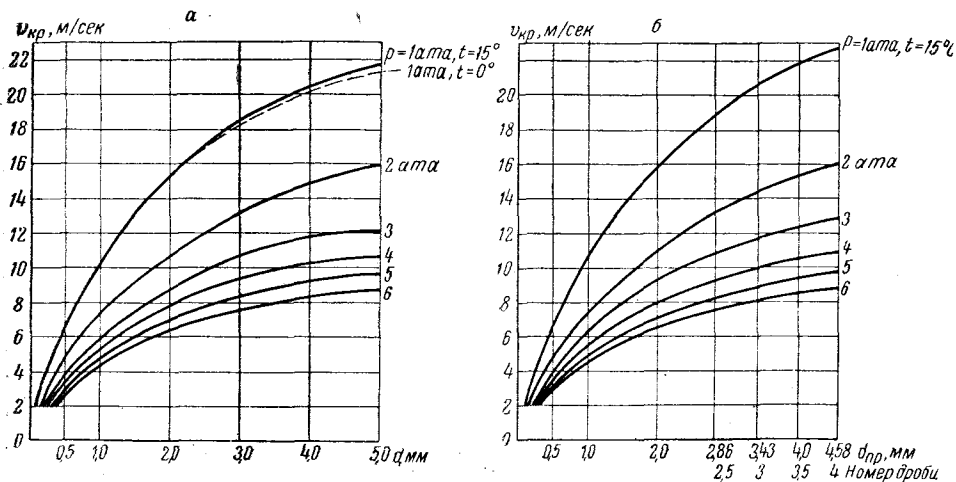


Рис. 5. Зависимость критической скорости от диаметра дроби и давления воздуха на забое для дроби:

а — чугунной; б — стальной

ном пространстве и бурильных трубах — общий вопрос для любого вида бурения с продувкой, который подробно освещен Н. С. Макуриным и Б. С. Филатовым [6].

В наших условиях потери давления в нагнетательной линии ΔP_1 (шланги, сальник, расходомер) составили $0,5 \div 0,6 \text{ ат}$, а увеличение давления в процессе рейса ΔP_3 при заполнении колонковой трубы керном — $0,3 \div 0,4 \text{ ат}$.

Зная давление сжатого воздуха на забое

$$P_1 = (P_k + 1) - \Delta P_1 - \Delta P_2 - \Delta P_3,$$

где P_k — давление по манометру компрессора, ат;

ΔP_2 — потери давления в бурильных трубах и соединениях, ат, по графику, приведенному на рис. 5, находим необходимые значения $v_{кр} = v_1$, м/сек.

Расход воздуха при заданном давлении

$$Q_1 = k_2 v_1 F_{\text{з}}^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

где $k_2 = 0,8 \div 0,9$ — коэффициент, учитывающий уменьшение зазора между коронкой и стенками скважины и действие центробежных сил, возникающих при вращении снаряда;

F — площадь кольцевого зазора между стенками скважины и колонкой, м².

В начале рейса

$$F = \frac{\pi}{4} [(D + 4d)^2 - D_1^2];$$

в конце рейса

$$F = \frac{\pi}{4} [(D + 2d)^2 - D_1^2],$$

где D и D_1 — наружные диаметры дробовой коронки и колонковой трубы, m ;

d — диаметр дроби, m .

Чтобы перейти к производительности компрессора в нормальных условиях, воспользуемся законом Бойля—Мариотта

$$Q_0 = \frac{Q_1 P_1}{P_0}, \quad (6)$$

где Q — расход воздуха, необходимый при давлении сжатого воздуха на забое P_1 , приведенный к нормальным условиям, $m^3/мин$.

Так как такие расчеты громоздки, можно воспользоваться другим достаточно точным способом определения v_1 и Q_0 . Подъемная сила при постоянной температуре пропорциональна квадрату скорости и плотности воздуха, поэтому из условия равенства подъемных сил имеем

$$v^2 \rho = v_1^2 \rho_1. \quad (7)$$

В свою очередь,

$$\frac{\rho}{\rho_1} = \frac{P}{P_1}, \quad (8)$$

т. е.

$$v^2 P = v_1^2 P_1$$

или

$$v_1 = v \sqrt{\frac{P}{P_1}}.$$

При $P = P_0 = 1 \text{ ата}$

$$v_1 = \frac{v}{\sqrt{P_1}}, \quad (9)$$

где $v = v_{кр}$.

В этом случае

$$Q_1 = k_2 \frac{v}{\sqrt{P_1}} F. \quad (10)$$

По формуле (6)

$$Q_0 = \frac{k_2 v F P_1}{\sqrt{P_1} P_0} = Q \sqrt{P_1}, \quad (11)$$

где $Q = k_2 v F$, $m^3/мин$ — расход воздуха, необходимый для получения критической скорости при давлении воздуха на забое, равном 1 ата.

Таким образом, зная Q для различных размеров дроби и давление сжатого воздуха на забое P_1 , можно легко определить Q_0 . При дробовом бурении целесообразно определять производительность компрессора исходя из скорости восходящего потока в зазоре между стенками скважины и бурильными трубами [2] или по максимальному значению $v_{кр}$ для дроби крупных номеров. Как показали опыты, успешная работа и

нормальная очистка забоя с учетом стесненности движения обеспечиваются, если за основу приняты $v_{кр}$ и Q для дроби диаметром 1—1,5 мм в начале рейса и диаметром 0,5—1 мм в конце рейса (табл. 1).

Таблица 1

Наружный диаметр, мм		Расход воздуха при бурении дробию, м ³ /мин							
		чугунной				стальной сечкой			
коронки	колонковой	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 2,5	№ 3	№ 3,5	№ 4
150	146	1,55	2,10	2,65	3,20	1,90	2,20	2,50	2,80
		0,95	1,20	1,55	1,70	1,15	1,25	1,40	1,60
130	127	1,25	1,75	2,25	2,75	1,45	1,85	2,05	2,40
		0,75	1,00	1,20	1,40	0,90	1,00	1,15	1,25
110	108	1,00	1,40	1,85	2,25	1,25	1,45	1,70	1,90
		0,55	0,75	0,95	1,15	0,65	0,80	0,90	0,95
91	89	0,85	1,20	1,55	1,90	1,05	1,25	1,40	1,60
		0,50	0,65	0,80	0,95	0,55	0,65	0,75	0,85
75	73	0,70	1,00	1,30	1,60	0,90	1,05	1,20	1,40
		0,40	0,55	0,70	0,80	0,50	0,55	0,60	0,70

Примечания: 1. Верхняя строка таблицы — расход воздуха в начале рейса, нижняя — в конце.

2. За минимальный размер работоспособной частицы дроби принята частица диаметром 1 мм.

Осевое давление на забой и число оборотов бурового снаряда. При бурении скважин дробию с продувкой забоя воздухом основные зависимости скорости бурения от числа оборотов и осевого давления на забой остаются теми же, что и при бурении с промывкой. Как правило, в процессе опытных работ наилучшие результаты достигаются при окружных скоростях вращения коронки 0,8—2 м/сек.

Удельное давление на 1 см² торца коронки для чугунной термически необработанной дроби принималось 20—25 кг, для стальной 35—45 кг и для смеси 25—30 кг. Искривление скважин при этом, по данным замеров прибором Полякова, через 25 м составило 1° на 100 м. Таким образом, интенсивность и характер искривления скважин при дробовом бурении зависят от технологии бурения, а не от вида промывочного агента.

Влияние продувки на выход керна. В процессе бурения с продувкой выход керна по скважине 210 составил 52%, а по скважине 3ш 61,6% при проходке сильно трещиноватых пород, разбитых вертикальными и наклонными трещинами на отдельные блоки. Выход керна в трещиноватых породах получается, по-видимому, несколько меньше, чем при бурении с промывкой. Это объясняется сухим трением частиц породы в колонковой трубе и является в некоторой степени недостатком данного метода. Выход шлама, наоборот, составляет почти 100% и опробованием шлама в целом ряде случаев можно восполнить недостаток керна. Подчеркнем, что по интервалам монолитных и слабо трещиноватых пород выход керна составлял 100%.

Особенности бурения в обводненных породах. Бурение скважин с продувкой в основном осложняется наличием притоков воды. С этой точки зрения все скважины можно разделить на сухие, с малыми воло-

притоками (0,01—0,03 м³/час), средними (0,03—1 м³/час) и с значительными водопритоками (более 1 м³/час).

Главную опасность при твердосплавном бурении с продувкой представляют малые водопритокки, которые вызывают интенсивное образование сальников и шламовых пробок в скважине. Чтобы оценить степень опасности образования сальников при дробовом бурении, рассмотрим структуру смеси жидкости и воздуха в скважине. В зависимости от соотношения объемных расходов жидкости и газа у забоя могут быть три режима [5].

Первый режим имеет место, когда отношение протекающего в единицу времени объема воздуха к объему жидкости мало. Воздух движется через жидкость в виде отдельных пузырьков, а количество жидкости, поднимаемой на поверхность, равно нулю.

Второй режим наблюдается при большем отношении объема воздуха к объему жидкости, чем в первом режиме. Смесь получается в виде столбиков жидкости, пронизанных пузырьками газа, чередующихся со столбиками воздуха, в которых содержатся капли жидкости. Этот режим является основным при откачке жидкости из скважин с помощью эрлифта.

Третий режим имеет место, когда объем воздуха значительно превышает объем жидкости. Жидкость поднимается вдоль стенок, а воздух движется в середине жидкостного кольца. При малых водопритоках и большом объеме воздуха при твердосплавном бурении наблюдается третий режим с интенсивным сальникообразованием. В то же время при значительно меньших расходах воздуха в процессе дробового бурения имеет место первый, а не третий режим. Операция просушки скважины путем подачи в течение некоторого времени увеличенного количества воздуха [2] оказывается не только излишней, но даже вредной. В данном случае надо стремиться не к удалению столба воды с забоя, а наоборот, к постоянному наличию воды на забое, уровень которой должен быть на 5—7 м выше шламовой трубы. При правильно подобранных расходах воздуха это обеспечивает полное улавливание шлама шламовыми трубами, длина которых должна обеспечить улавливание как породного, так и дробового шлама

$$L = \frac{k(D_{\text{скв}}^2 - D_{\text{к}}^2 \frac{n}{100})h + \frac{q}{\gamma}}{D_2^2 - d_{\text{шт}}^2}, \quad (12)$$

- где L — длина шламовой трубы, м;
 $D_{\text{скв}}$ и $D_{\text{к}}$ — средние диаметры скважины и керна, м;
 D_2 — внутренний диаметр шламовой трубы, м;
 $d_{\text{шт}}$ — наружный диаметр штанг, м;
 h — проходка на рейс, м;
 k — коэффициент разрыхления породы (1,5÷2);
 n — выход керна, %;
 q — расход дроби на рейс, кг;
 γ — объемный вес дроби, кг/м³.

При малых водопритоках, но высоком статическом уровне, превышающем давление, развиваемое компрессором, может быть применен метод снижения уровня с помощью желонирования. Данная операция на современных многоскоростных станках, имеющих планетарные лебедки, отнимает очень немного времени и позволяет бурить до проектной глубины, не прибегая к промывке. Подобным способом скважина 3ш была пробурена до 132 м, хотя с глубины 7 м началось поступление воды в количестве 12—14 л/час.

Желонирование производилось только для снижения статического уровня. Минимальный уровень воды над забоем составлял 7 м, максимальный, при котором обеспечивалась нормальная работа, 45—50 м. Ни одного случая зашламования скважины или «сальникообразования», а также температурного перегрева коронок отмечено не было, несмотря на то, что расход воздуха не превышал 3 м³/мин при диаметре бурения 130 мм. Следовательно, необходимые расходы воздуха при наличии обводненности увеличиваются, но меньше чем в $\sqrt{P_1}$ раз. Чтобы обеспечить нормальный процесс бурения при уровне воды над забоем 20—50 м, достаточно повысить расход воздуха на 10—40% по сравнению с приведенным в табл. 1. Это объясняется более высокой плотностью смеси воздуха и воды, что вызывает уменьшение движущей силы веса тела [см. формулу (2)], и наличием флотирующего воздействия пузырьков воздуха на частицы шлама.

Забурка скважин, посадка снаряда на забой, заклинка керна. Во избежание значительного пылеобразования забурку скважины при твердосплавном бурении осуществляют всухую или с промывкой. Эти способы неудобны при дробовом бурении с продувкой, поэтому рядом с фундаментом станка проходится небольшой шурф (1×1×0,8 м), который перекрывается прочным настилом и слоем изолирующего материала. Выносимая воздухом буровая пыль осаждается в шурфе, стенки которого периодически орошаются водой. После проходки 2,5—3 м устанавливается направляющая труба с герметизирующим устройством и дальнейшее бурение ведется в обычном порядке.

Посадка снаряда на забой и заклинка керна, как и при бурении с промывкой, — самые ответственные операции. При рейсовой засыпке дроби посадку на забой рекомендуется вести при расходе воздуха, соответствующем расходу в начале рейса. Особенно важно при этом включить компрессор, не доходя 1—1,5 м до столба шлама, имеющегося в скважине, и не допускать резкого увеличения давления в нагнетательной магистрали, так как при продавливании скорость воздуха на забое может превысить критическую и дробь окажется выброшенной в шламовую трубу. Как правило, при достаточной длине шламовых труб количество шлама на забое не превышает 20—30 см и посадка снаряда на забой занимает не более 5—10 мин.

В конце рейса перед подъемом в течение 3—5 мин скважина продувается: дается максимально возможное количество воздуха.

Заклинка керна производится в обычном порядке, но наиболее рационально предварительно засыпать заклиночный материал в дробопитатель и заклинивать сразу же после продувки скважины, не прекращая циркуляции воздуха. Это особенно важно при наличии в скважине значительного столба воды (более 20 м), когда отвинчивание пробки сальника вызывает резкое снижение давления в бурильных трубах, а устремившаяся из скважины в колонковую трубу жидкость со шламом вызывает самозаклинку керна. Давления, создаваемого компрессором, может оказаться недостаточно для продавливания образовавшейся пробки и следует немедленно произвести подъем. При заклинке без прекращения циркуляции воздуха компрессор выключается только после срыва керна и отрыва снаряда от забоя. Такая последовательность операций полностью исключает возможность осложнений.

Технико-экономические показатели. В процессе опытного бурения дробью с продувкой забоя сжатым воздухом по скважинам 210 и 3ш было пробурено более 300 пог. м по породам VIII—X категорий. Полученные механические скорости бурения составили 1,2—0,3 м/час, что в два раза превышает скорости бурения, принятые по ЕНВ—53, и на 10—15%

выше механических скоростей при бурении с промывкой (табл. 2). Проходка на рейс в среднем 1,6—2 м, в монолитных породах легко достигались 2,5—3 м.

Сравнительные данные для пород X категории при бурении смесью чугунной и стальной дроби с продувкой и промывкой приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование показателя	Бурение	
	с продувкой	с промывкой
Время чистого бурения, %	69,2	60,7
Вспомогательные операции, %	23,9	23,8
Простои, %	6,9	15,5
Механическая скорость бурения, м/час	0,34	0,3
Проходка на 1 станко-смену, пог. м	1,84	1,46
Стоимость 1 станко-смены, руб.	759,75	795,47
Стоимость 1 пог. м бурения, руб.	468,95	636,38
Производительность на 1 станко-месяц, пог. м	165,2	131,4
Удельный износ коронки, см/пог. м	4,2	5,0

Как видно из табл. 2, производительность на станко-месяц при бурении с продувкой увеличилась на 26% за счет ликвидации простоев, вызванных нехваткой воды при проходке трещиноватых пород, и повышения механической скорости бурения. Все простои при бурении с продувкой обусловлены только отсутствием электроэнергии.

Стоимость станко-смены при бурении с продувкой не только не увеличилась, а даже снизилась на 4,5% благодаря сокращению расходов на снеготаяние. Расход электроэнергии в одну смену на привод компрессора также был на 50 квт-час меньше, чем суммарный расход электроэнергии на снеготаяние и привод насоса.

Выводы

1. Эффективное бурение дробью с продувкой забоя сжатым воздухом вполне возможно как по сухим, так и по обводненным породам.

2. Малые притоки воды в скважину, вызывающие интенсивное образование «сальников» при твердосплавном бурении, не создают трудностей при дробовом бурении.

3. При дробовом бурении требуются небольшие расходы воздуха. В нормальных условиях компрессорные установки производительностью 3—3,5 м³/мин обеспечивают при диаметре бурения до 150 мм потребные скорости восходящего потока воздуха, равные в кольцевом зазоре, между стенками скважины и колонковой трубой, 10—15 м/сек.

4. Небольшие расходы воздуха, необходимые для дробового бурения, позволяют значительно уменьшить затраты мощности на привод компрессорных установок и тем существенно снизить стоимость станко-смены бурения с продувкой.

5. Непременным условием успешности дробового бурения с продувкой является контроль за расходом воздуха с помощью расходомера. Вполне пригоден для этой цели воздухомер В-1 завода «Пневматика».

6. Возможности использования дробового бурения с продувкой более высоки, чем твердосплавного, так как бурение дробью требует меньших затрат мощности и позволяет избежать осложнений, связанных с образованием «сальников». При этом обеспечиваются успешная очистка забоя и повышение механической скорости бурения.

7. Необходимо ускорить создание передвижных компрессорных установок для геологоразведочного бурения, способных развивать давление до 15—20 ат. Это позволит бурить скважины по сильно обводненным породам до глубины, лежащей на 130—180 м ниже статического уровня подземных вод, и явится важнейшим средством устранения трудностей, связанных с проходкой зон потерь циркуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов Е. С. (ред.). Сб. Бурение геологоразведочных скважин колонковым способом с очисткой забоя воздухом. Госгеолтехиздат, 1958.
 2. Козловский Е. А. Бурение разведочных скважин стальной дробью с очисткой забоя воздухом, г. Комсомольск-на-Амуре, 1959.
 3. Кудряшов Б. Б. О применении продувки при бурении разведочных скважин. «Разведка и охрана недр», 1958, № 5.
 4. Лященко П. В. Определение конечной скорости падения тел в среде по параметру Рейнольдса. «Горная промышленность СССР», 1939, вып. V.
 5. Муравьев И. М., Крылов А. П. Эксплуатация нефтяных месторождений. Госгостехиздат, 1949.
 6. Макурин Н. С., Филатов Б. С. Аэродинамические характеристики циркуляционной системы скважин с продувкой при колонковом разведочном бурении. «Разведка и охрана недр», 1959, № 6.
-