

УДК 622.243.4

СПОСОБ ПРОМЫВКИ КАВЕРНОЗНЫХ СКВАЖИН ПЕРЕД СПУСКОМ ОБСАДНЫХ КОЛОНН



METHOD OF FLUSHING CAVERNOUS WELLS BEFORE RUNNING CASING COLUMNS

Ибрагимов Рафик Салман оглы

кандидат технических наук,
доцент,
кафедра нефтегазовая инженерия,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Бахшалиева Ширин Октай кызы

доктор философии,
кафедра нефтегазовая инженерия,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Махмудова Вафа Зейнал кызы

младший научный сотрудник,
НИИ «Геотехнологические проблемы нефти,
газа и химия»,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Аннотация. Данная статья посвящена способу промывки буровой скважины. Известен способ промывки, включающий спуск в скважину колонны труб ниже каверны в стволе скважины и вымывание скоплений шлама из каверны через узел с гидромониторными насадками, установленный в трубной колонне в интервале каверны. Известен также способ промывки, включающий спуск в скважину бурильной колонны с утяжеленными трубами большого диаметра, устанавливаемыми над долотом. Основным недостатком указанного способа является нарушение целостности ствола скважины под элементом большого диаметра из-за образования вакуума, кроме того, при нахождении в каверне указанного элемента большого диаметра не будет достигнут эффект, достаточный для удаления шлама из каверны. Предложен, что спуск бурильной колонны следует осуществить таким образом, чтобы встреча потоков в кольцевом пространстве произошла при высоких значениях скорости движения потока по инерции в направлении забоя скважины. С этой целью необходимо скорость спуска довести до ее максимального значения на небольшой промежуток времени.

Ключевые слова: промывка, каверна, шлам, буровой насос, обсадной колонн, осложнения, поток, забоя скважины.

Ibrahimov Rafik Salman

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Department of Oil and Gas Engineering,
Azerbaijan State Oil
and Industrial University,
Baku, Azerbaijan
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Bakhshaliyeva Shirin Oktay

Doctor of Philosophy,
Department of Petroleum Engineering,
Azerbaijan State Oil
and Industrial University,
Baku, Azerbaijan
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Mahmudova Vafa Zeynal

Junior Researcher,
Research Institute
«Geotechnological Problems of Oil,
Gas and Chemistry»,
Azerbaijan State Oil
and Industrial University,
Baku, Azerbaijan
rafiq.ibrahimov@yahoo.com

Annotation. This article is devoted to methods of flushing a borehole. A flushing method is known that includes lowering a pipe string into a borehole below a cavern in the borehole and flushing out accumulations of cuttings from the cavern through a unit with hydromonitor nozzles installed in the pipe string in the cavern interval. A flushing method is also known that includes lowering a drill string with large-diameter weighted pipes installed above the bit into the borehole. The main disadvantage of this method is the violation of the integrity of the borehole under the large-diameter element due to the formation of a vacuum, in addition, when the large-diameter element is in the cavern, an effect sufficient for removing cuttings from the cavern will not be achieved. It is proposed that the drill string should be lowered in such a way that the flow encounter in the annular space occurs at high values of the flow velocity by inertia in the direction of the well bottom. For this purpose, it is necessary to bring the descent speed to its maximum value for a short period of time.

Keywords: flushing, cavern, sludge, drilling pump, casing string, complications, flow, well bottom.

Введение. Известен способ промывки буровой скважины, включающий спуск в скважину колонны бурильных труб, закачку в колонну промывочной жидкости и повышение ее подъемной силы путем увеличения скорости вращения труб [1, 2, 3].

Недостатком указанного способа является невозможность создания в кольцевом пространстве скорости восходящего потока, достаточной для удаления шлама из каверны и выноса его на поверхность земли из-за недостаточной мощности буровых насосов.

Результаты и обсуждение. Известен способ промывки, включающий спуск в скважину колонны труб ниже каверны в стволе скважины и вымывание скоплений шлама из каверны через узел с гидромониторными насадками, установленный в трубной колонне в интервале каверны [7, 13].

Недостатками указанного способа являются: ослабление прочности обсадной колонны и нарушение ее герметичности в связи с включением в компоновку обсадной колонны, узла с гидромониторными насадками. Кроме того, создание высокого перепада давлений в гидромониторных насадках, необходимого для удаления из глубоких каверн шлама, может привести к разрыву обсадных колонн. В некоторых неустойчивых породах может произойти эрозия скважины. Применение этого способа с использованием колонн бурильных труб, с точки зрения предотвращения ее разрушения, практически осуществимо. Однако очистка ствола скважины выполняется не только удалением из каверн шлама. Качественная очистка ствола осуществляется удалением шлама из каверн, их размельчением и выносом на поверхность земли. При отсутствии условий для размельчения шлама его вынос обеспечивается только при создании высокой скорости восходящего потока в кольцевом пространстве.

Таким образом, известный способ малоэффективен.

Известен также способ промывки, включающий спуск в скважину бурильной колонны с утяжеленными трубами большого диаметра, устанавливаемыми над долотом. Поток жидкости, образуемый между наружной поверхностью элемента и стенкой скважины в каверне и удаление шлама из каверны за счет использования эффекта разрыва сплошности кавитирующего потока с вакуумобразованием.

Основным недостатком указанного способа является нарушение целостности ствола скважины под элементом большого диаметра из-за образования вакуума [5, 10].

Кроме того, при нахождении в каверне указанного элемента большого диаметра не будет достигнут эффект, достаточный для удаления шлама из каверны, не исключена возможность поглощения промывочной жидкости при обратной промывке и повторном осаждении в каверне неразмельченных частиц твердых пород, а также образование сальника под элементом из-за сцепления их с помощью вязких глин при прямой промывке.

Таким образом, указанный способ малоэффективен и может привести к серьезным осложнениям.

Целью работы является повышение эффективности удаления шлама из каверны за счет использования эффекта расширения сечения восходящего потока в каверне при ударе его о поток, движущийся по инерции во встречном направлении [6, 8].

Указанная цель достигается тем, что в известном способе промывки буровой скважины, включающем спуск в скважину бурильной колонны с элементом большого диаметра, установленным над долотом, и осуществление промывки скважины, спуск бурильной колонны производят до подошвы каверны, затем осуществляют подачу жидкости в скважину, проводят промежуточную промывку, создают удар встречных потоков в кольцевом пространстве скважины на уровне расположения каверны периодическим подъемом и спуском бурильной колонны, после чего при превышении протяженности каверны длины элемента большого диаметра удаляют шлам из кольцевого пространства промежуточной промывкой снизу вверх с равными интервалами длиной, равной длине элемента большого диаметра. При этом выполняется условие [4, 8]:

$$\frac{V_1 + V_{\text{ПР}}}{\frac{V_1 + V_{\text{ПР}}}{k} - V_n} F_1 \geq F_k, \quad (1)$$

где V_1 – скорость восходящего потока в кольцевом пространстве между стенками скважины и элементом бурильной колонны большого диаметра, м/с, определяется из соотношения:

$$V_1 = \frac{d^2}{D^2 - d^2} U_c, \quad (2)$$

где $V_{\text{ПР}}$ – скорость восходящего потока, связанная с промывкой буровыми насосами и определяется из формулы:

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (3)$$

где D , d и U_c – диаметры ствола скважины, элемента бурильной колонны большого диаметра и скорость спуска бурильного инструмента, м/с; Q – производительность насосов, м³/с; V_n – скорость движения потока по инерции в направлении забоя скважины после прекращения подъема, м/с, определяется из соотношения:

$$V_n = \frac{d^2}{D^2 - d^2} U_{\text{П}}, \quad (4)$$

где $U_{\text{П}}$ – скорость подъема бурильного инструмента, м/с; F_1 – площадь поперечного сечения потока до входа в кавернозную зону, м²; F_k – площадь поперечного сечения каверны, м²; K – коэффициент расширения потока после входа в каверну (выбирается по справочным данным).

На рисунке 1 схематически показан пример выполнения способа.

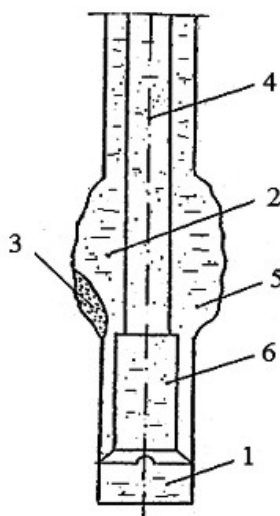


Рисунок 1 – Схема промывки скважин до спуска обсадной колонны:
1 – скважина; 2 и 5 – каверны; 3 – шлам в каверне (частицы породы);
4 – бурильные трубы; 6 – утяжеленные бурильные трубы

Способ осуществляют следующим образом.

В пробуренной скважине 1 производят кавернометрические работы и определяют местоположение и форму каверны 2, заполненную шламом 3. Спускают в скважину колонну бурильных труб 4 с нижней ее частью большого диаметра 6. Спуск бурильной колонны осуществляют до подошвы кавернозной зоны ствола скважины. Затем осуществляют подачу жидкости в скважину и производят промежуточную промывку.

Создают удар встречных потоков в кольцевом пространстве скважины на уровне расположения каверны периодическим подъемом и спуском бурильной колонны.

При движении колонны труб вверх происходит движение потока жидкости в кольцевом пространстве в обратном направлении. В момент прекращения подъема колонны бурильных труб движение потока из-за его инерции не прекращается. В это

время мгновенное изменение направления движения колонны бурильных труб с момента начала спуска бурильного инструмента приводит к движению потока жидкости без опоздания вверх. По всему стволу в кольцевом пространстве происходит встреча и удар двух противоположных потоков. В результате этого увеличивается сопротивление движению восходящего потока и создается условие расширению его сечения. При этом ввиду свойства несжимаемости жидкости и принужденности потока расширение его сечения происходит только в каверне. Путем выбора определенного соотношения параметров промывки сечение потока увеличивается до сечения каверны и размывается шлам. Неоднократное повторение встречи потоков интенсифицирует удаление шлама от стенки ствола. После удаления шлама от стенки ствола в каверне производят промывку в течение времени, достаточного для подъема частиц выбуренной породы на длину нижней части бурильной колонны с большим диаметром. Затем поднимают колонну бурильных труб на высоту, равную длине нижней ее части, производят расхаживание колонны и промывку. Таким образом, указанный процесс повторяют до кровли кавернозной зоны ствола скважины, после чего производят промывку до полной очистки ствола скважины.

Параметры промывки каверн определяют с использованием следующих соотношений.

Расходы жидкости в кольцевом пространстве перед входом в каверну Q_1 и выше (в каверне) Q_2 соответствующие максимальной скорости спуска колонны бурильных труб определяют по формулам:

$$Q_1 = V_1 F_1, \quad (5)$$

$$Q_2 = V_2 F_2, \quad (6)$$

где F_1 и F_2 – площади поперечных сечений потока соответственно до каверны и в каверне; V_1 и V_2 – скорости восходящего потока в кольцевом пространстве между стенкой ствола скважины и элементом бурильной колонны большого диаметра соответственно до входа в каверну и в каверне. Определяются по формулам:

$$V_1 = \frac{d^2}{D^2 - d^2} U_c, \quad (7)$$

$$V_2 = \frac{d^2}{D_{ПК}^2 - d^2} U_c, \quad (8)$$

где D , $D_{ПК}$, d , U_c – диаметры ствола скважины, потока в каверне, элемента бурильной колонны большого диаметра и скорость спуска бурильного инструмента.

Известно, что при входе в каверну происходит расширение поперечного сечения потока. Кроме того, расширение потока в каверне происходит из-за встречи его с потоком, движущимся по инерции в противоположном направлении после прекращения подъема бурильного инструмента. Поэтому скорость потока после входа в каверну уменьшается и будет:

$$V_2 = \frac{V_1}{K} V_{II}, \quad (9)$$

где K – коэффициент, характеризующий расширение потока после входа в каверну, определяется экспериментальным путем; V_{II} – средняя скорость движения потока в направлении забоя скважины, соответствующая периоду увеличения скорости спуска до его максимального значения (имеется в виду, что спуск начинается мгновенно после прекращения подъема). Определяется по формуле [12, 13, 14]:

$$V_{II} = \frac{d^2}{D^2 - d^2} U_{II}, \quad (10)$$

где U_{II} – скорость подъема бурильного инструмента.

Из-за неразрывности струй расход жидкости не изменяется и будет:

$$Q_1 = Q_2 \quad (11)$$

и из (5) и (6) получим:

$$F_2 = \frac{V_1}{V_2} F_1. \quad (12)$$

Подставив значения V_2 в (6), будем иметь:

$$F_2 = \frac{V_1}{\frac{V_1}{K} - U_{\text{п}}}. \quad (13)$$

С учетом промывки ствола скважины формула (10) примет вид:

$$F_2 = \frac{V_1 + V_{\text{ПР}}}{\frac{V_1 + V_{\text{ПР}}}{K} - V_n} F_1, \quad (14)$$

где $V_{\text{ПР}}$ – скорость восходящего потока, связанная с промывкой буровыми насосами, и определяется по формуле:

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2)}, \quad (15)$$

Q – производительность насосов.

Для обеспечения удаления шлама из каверны, полученная по указанной выше формуле (14) площадь поперечного сечения потока в каверне должна быть больше площади сечения каверны, т.е. должно быть выполнено условие:

$$F_2 \geq F_k, \quad (16)$$

где F_k – площадь поперечного сечения каверны.

Выводы.

Из полученного выражения (14) видно, что площадь сечения восходящего потока в каверне увеличивается с ростом V_n . Поэтому спуск буровой колонны следует осуществить таким образом, чтобы встреча потоков в кольцевом пространстве произошла при высоких значениях V_n . С этой целью необходимо скорость спуска довести до ее максимального значения на небольшой промежуток времени.

Литература

1. Воларович М.П. К вопросу о течении вязкопластических жидкостей / М.П. Воларович, А.М. Гуткин. – М. : Недра, 1971. – С. 230.
2. Quliyev R.İ. Qazıma məhlulları / R.İ. Quliyev, Y. Məcidov, S. Cəlalov. – Bakı, 2003.
3. Кистре Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. – М. : Недра, 1972. – С. 392.
4. Крылов В.И. Изменение гидродинамического давления в скважине в зависимости от скорости буровой колонны / В.И. Крылов // Народное хозяйство. – 1976. – № 1. – С. 13–16.
5. Овчинников В.П. Современные составы буровых растворов. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. – 156 с.
6. Сафаров Я.И. Повышение эффективности бурения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях. САДА.
7. Сеид-Рза М.К. Технология бурения глубоких скважин в осложненных условиях. – Баку : Азернешр, 1963.
8. Руководств по технологии бурения, предупреждению аварии и осложнение при проводке скважин (РД39-0147213-017-91) / М.К. Сеид-Рза, Я.Н. Сафаров [и др.]. – Баку : АЗНИ-ПИНЕФТЬ, 1991 г.
9. Сидоров Н.А. Осложнения при бурении скважин / Н.А. Сидоров, Г.А. Ковтунов. – М. : Гостоптехиздат, 1959.
10. Мирзаджанзаде А.Х. Повышение эффективности и качества бурения глубоких скважин / А.Х. Мирзаджанзаде, С.А. Ширинзаде. – М. : Недра, 1986.
11. Мирзаджанзаде А.Х. Временная инструкция по предупреждению осложнений, связанных с изменением гидродинамических давлений при бурении нефтяных и газовых скважин / А.Х. Мирзаджанзаде, А.А. Мовсумов, Я.И. Сафаров. – Баку : АЗНИИБурнефть, 1970.
12. Мамаджанов У.Д. Динамическая характеристика промывочных растворов в бурении. – Л. : Недра, 1972. – С. 192.
13. Мовсумов А.А. Гидродинамические причины осложнений при проводке нефтяных и газовых скважин. – Баку : Азернешр, 1965. – С. 230.

14. Бурение нефтяных и газовых скважин / Р.А. Шацов, Р.И. Шищенко, Л.С. Гликман, П.В. Ба-лицкий // Гостоптехиздат. – 1980. – С. 219.

References

1. 1. Volarovich M.P. On the flow of viscoplastic fluids / M.P. Volarovich, A.M. Gutkin. – M. : Nedra, 1971. – P. 230.
2. Quliyev R.İ. Qazıma məhlulları / R.İ. Quliyev, Y. Məcidov, C. Cəlalov. – Bakı, 2003.
3. Kistre E.G. Chemical treatment of drilling fluids. – M. : Nedra, 1972. – P. 392.
4. Krylov V.I. Change in hydrodynamic pressure in the well depending on the speed of the drill string / V.I. Krylov // National economy. –1976. – № 1. – P. 13–16.
5. Ovchinnikov V.P. Modern compositions of drilling fluids. – Tyumen : TyumGNGU, 2013. – 156 p.
6. Safarov Ya.I. Improving the efficiency of drilling oil and gas wells in difficult conditions. SADA.
7. Seid-Rza M.K. Technology of drilling deep wells in complicated conditions. – Baku : Azerneshr, 1963.
8. Guidelines on drilling technology, accident prevention and complications during well drilling (RD39-0147213-017-91) / M.K. Seid-Rza, Ya.N. Safarov [et al.]. – Baku : AzNIPIneft, 1991.
9. Sidorov N.A. Complications during well drilling / N.A. Sidorov, G.A. Kovtunov. – M. : Gostoptekhizdat, 1959.
10. Mirzajanzade A.Kh. Improving the efficiency and quality of deep well drilling / A.Kh. Mirzajanzade, S.A. Shirinzade. – M. : Nedra, 1986.
11. Mirzajanzade A.Kh. Temporary instructions for preventing complications associated with changes in hydrodynamic pressures when drilling oil and gas wells / A.Kh. Mirzajanzade, A.A. Movsumov, Ya.I. Safarov. – Baku : AzNIIburneft, 1970.
12. Mamadzhanov U.D. Dynamic characteristics of drilling fluids. – L. : Nedra, 1972. – P. 192.
13. Movsumov A.A. Hydrodynamic causes of complications during drilling of oil and gas wells. – Baku : Azerneshr, 1965. – P. 230.
14. Drilling of oil and gas wells / R.A. Shatsov, R.I. Shishenko, L.S. Glikman, P.V. Balitsky // Gostoptekhizdat. – 1980. – P. 219.