



УДК 622.24.063

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВОЙСТВ БУРОВОГО РАСТВОРА И РАСЧЁТ ЕГО ПАРАМЕТРОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СКВАЖИНЫ НА СЕВЕРО-ЛАБАТЬЮГАНСКОМ НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

PROVISION OF DRILLING FLUID PROPERTIES AND CALCULATION OF ITS PARAMETERS IN THE PROCESS OF WELL CONSTRUCTION ON THE NORTH-LABATYUGANSKOYE OIL FIELD

Поварова Лариса Валерьевна

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры химии,
Кубанский государственный технологический университет
larispv08@gmail.com

Самарин Михаил Анатольевич

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института Нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
samarin1901@yandex.ru

Саввон Яков Владимирович

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института нефти, газа и энергетики,
Кубанский государственный технологический университет
savvonjv@rambler.ru

Соловьев Михаил Дмитриевич

студент направления подготовки
21.03.01 «Нефтегазовое дело»
института нефти, газа и энергетики
Кубанский государственный технологический университет
solovej2001@bk.ru

Аннотация. В современной России техника и технология сооружения скважин имеет большое значение, так как доходы от полезных ископаемых являются одной из основных составляющих бюджета нашей страны. С учетом новой геологической информации о строении месторождения в статье приведён расчёт параметров бурового раствора для обеспечения его свойств с процессе бурения разведочно-эксплуатационной скважины на Северо-Лабатьюганском нефтяном месторождении, расположенном на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

Ключевые слова: расчёт плотности бурового раствора, расчёт расхода бурового раствора, механическая скорость бурения, расход промывочной жидкости, увеличение эффективности бурения, обвязка циркуляционной системы, обработка раствора в процессе бурения.

Povarova Larisa Valeryevna

Candidate of Chemical Sciences,
Associate Professor,
Associate Professor of Chemistry Department,
Kuban State Technological University
larispv08@gmail.com

Samarin Mikhail Anatolyevich

Student Training Direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
samarin1901@yandex.ru

Savvon Yakov Vladimirovich

Student Training Direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
savvonjv@rambler.ru

Solovyov Mikhail Dmitrievich

Student Training Direction
21.03.01 «Oil and Gas Engineering»,
Institute of Oil, Gas and Energy,
Kuban State Technological University
solovej2001@bk.ru

Annotation. In modern Russia, the technique and technology of well construction is of great importance, since revenues from minerals are one of the main components of the budget of our country. Taking into account the new geological information about the structure of the field, the article provides a calculation of the parameters of the drilling mud to ensure its properties during the drilling of an exploration and production well at the North-Labatyuganskoye oil field located on the territory of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug.

Keywords: calculation of drilling mud density, calculation of drilling mud consumption, mechanical drilling speed, flushing fluid consumption, increase in drilling efficiency, strapping of the circulation system, processing of the solution during drilling.

Обеспечение свойств очистного агента в процессе бурения

Для существенного улучшения показателей бурового раствора при его применении на Северо-Лабатьюганском месторождении, с целью увеличения эффективности бурения и достижения более высоких технико-экономических показателей необходимо:

– циркуляционную систему обвязать таким образом, чтобы обеспечивать гибкую работу с раствором и циркуляцию через любое необходимое количество ёмкостей; обеспечить подачу раствора с системы очистки в любую из этих емкостей и отбор раствора буровыми насосами из любой ёмкости;



- все ёмкости тщательно изолировать друг от друга, перетоки должны быть закрыты, клапаны и шиберные задвижки следует проверить на герметичность перед началом бурения;
- выделить отдельную ёмкость для приготовления раствора объёмом 20-40 м³ для возможности обработки раствора в процессе бурения;
- чтобы гидроворонка могла работать от любой из активных емкостей и была возможность сброса раствора в любую из активных емкостей, равно как и автономной работы с ёмкостью для приготовления раствора.
- все ёмкости оборудовать двумя лопастными механическими перемешивателями.

Для качественного приготовления небольших объёмов раствора, как в случае вязкой кольматирующей пачки, следует предусмотреть на буровой наличие ёмкости объёмом 10 м³, обвязанной с воронкой или инжектором, а также со всасом бурового насоса. Кроме того, ёмкость должна быть оборудована перемешивателем. Обычно такая ёмкость представляет собой отсек в премиксе, получаемый путём установки перегородки, делящий премикс в пропорции 1/3. Обе части премикса обвязываются с воронкой (гидроэлеватором) и всасом бурового насоса.

В общем же случае для ускорения приготовления раствора, снижения расхода реагентов и увеличения эффективности любых используемых растворов рекомендуется использовать высокоэффективные гидроворонки вихревого или эжекторного типа, способные создавать высокие сдвиговые нагрузки для быстрого и эффективного диспергирования широкого спектра полимеров.

Для эффективной регенерации бурового раствора используется четырёхступенчатая система очистки, состоящая из двух линейных вибросит, одной ситогидроциклонной установки (осушающее вибросито) и минимально одной высокоскоростной центрифуги.

Рекомендуемая система очистки позволит минимизировать отрицательное влияние выбуренной породы на технологические параметры бурового раствора и, как следствие, максимально снизить объёмы разбавления для поддержания концентрации твёрдой фазы в растворе в заданных пределах.

Таблица 1 – Кондуктор

Участок	Глубина по стволу, м	Длина интервала, м	Диаметр, мм
открытый ствол	0–752	752	295,3

Технологические свойства бурового раствора:

$$\rho = 1,16–1,20 \text{ г/см}^3; T = 60–80 \text{ сек};$$

$$V = \text{не более } 12 \text{ см}^3/30 \text{ мин.}; \text{pH} = 7–9; \text{песок} < 3 \text{ \%}.$$

Таблица 2 – Эксплуатационная колонна

Участок	Глубина по стволу, м	Длина интервала, м	Диаметр, мм
открытый ствол	752–2829	2077	215,9

Технологические свойства бурового раствора:

$$\rho = 1,03–1,12 \text{ г/см}^3; T = 18–30 \text{ сек};$$

$$V = 8–14 \text{ см}^3/30 \text{ мин.}; \text{pH} = 7–8; \text{песок} = 1 \text{ \%}.$$

Таблица 3 – Продуктивный пласт

Участок	Глубина по стволу, м	Длина интервала, м	Диаметр, мм
продуктивный пласт	2829–2939	110	187,3

Технологические свойства бурового раствора:

$$\rho = 1,18 \text{ г/см}^3; T = 30–40 \text{ сек};$$

$$V = \text{не более } 8 \text{ см}^3/30 \text{ мин.}; \text{pH} = 7–8; \text{песок} = 1 \text{ \%}.$$

Повышение эффективности работы очистной системы

Для повышения эффективности работы очистной системы необходимо использовать ступенчатую схему очистки бурового раствора. При возможности необходимо предусмотреть постоянную очистку раствора в ЦСГО одним из пескоотделителей с обратным сбросом раствора в ЦСГО по байпасной линии.



Сетки на виброситах первой ступени должны быть не крупнее 84 меш., а по возможности и 110 меш. Все действия инженера по растворам должны быть направлены на максимальное удаление шлама на первой ступени очистки. В случае невыполнения этого условия возможно нарушение равновесия в системе «твёрдая фаза – вода – полимеры», что может привести к неконтролируемому росту вязкости и водоотдачи. Сетки на осушающем вибросите 210–325 меш.

Расчёт параметров бурового раствора

В проекте на строительство скважин тип раствора, его состав и такие параметры как фильтрация, СНС, содержание песка принимаются исходя из проектных данных. Расчёт плотности раствора ведётся исходя из необходимости предотвращения газонефтеводопроявления.

Расчёт плотности бурового раствора

Согласно правилам безопасности в нефтяной и газовой промышленности, в которых сказано, что гидростатическое давление в скважине при глубине больше 1200 м должно быть больше пластового на 5 %. Отсюда требуемая плотность раствора ρ определяется по формуле:

$$\rho = \frac{1,05 \cdot P_{пл}}{g \cdot H},$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; H – глубина скважины по вертикали, м; $P_{пл}$ – пластовое давление ($P_{пл} = 24,2$ МПа).

$$\rho = \frac{1,05 \cdot 24200000}{9,8 \cdot 2626} = 987 \text{ кг/м}^3.$$

Расчёт расхода бурового раствора

В зависимости от количества подаваемого в скважину бурового раствора он должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) выносить шлам на поверхность;
- 2) должен не разрушать стенки скважины;
- 3) соответствия технической характеристике забойного двигателя и насосной группы.

Расход раствора Q_1 , при котором обеспечивается очистка забоя и вынос шлама на поверхность, ведётся по формуле

$$Q_1 = V_{кр} \cdot S_{max} + V_m \cdot S_{заб} \cdot \frac{\rho_{п} - \rho_p}{\rho_{см} - \rho_p}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где $V_{кр}$ – критическая скорость проскальзывания шлама относительно раствора, м/с; V_m – механическая скорость бурения, м/с; $\rho_{п}$ – плотность разбуриваемой породы, г/см³; ρ_p – плотность бурового раствора, г/см³; $\rho_{см}$ – плотность раствора со шламом, г/см³; $S_{заб}$ – площадь забоя (по ПРИ), м²; S_{max} – максимальная площадь кольцевого пространства, м².

$$S_{max} = 0,785 \cdot (D_c^2 - d_{от}^2), \text{ м}^2,$$

где $d_{от}$ – минимальный диаметр бурильных труб, м.

$$D_c = K_k \cdot D_{дол},$$

где K_k – коэффициент каверзности.

Критическая скорость проскальзывания $V_{кр} = 0,1–0,15$ м/с, большее значение берётся для более крупного шлама, т.е. в мягких породах. Величина коэффициента каверзности может быть принята для условий Западной Сибири 1,3–1,4 в интервале до 1000 м, 1,2–1,5 при большей глубине.

Разность $\rho_{см} - \rho_p = 0,02$ г/см³.

Механическая скорость бурения определяется нормативно, исходя из прочности пород. Для условий Западной Сибири ориентировочно принимаем следующие значения механической скорости бурения:

- в интервале до 600 м : $V_m = 30–40$ м/час;
- в интервале 600–1600 м : $V_m = 25–30$ м/час;
- в интервале 1600–2400 м : $V_m = 15–20$ м/час;
- при больших глубинах : $V_m = 10–5$ м/час.



Максимальный расход раствора Q_2 , при котором не происходит размыв стенок скважины, определяется по формуле:

$$Q_2 = S_{\min} \cdot V_{\text{кп max}}, \text{ м}^3/\text{с},$$

где $V_{\text{кп max}}$ – максимально допустимая скорость течения жидкости в кольцевом пространстве, м/с (для условий Западной Сибири в интервале до 1000 м = 1,3 м/с, а в нижележащих интервалах $V_{\text{кп max}} = 1,5$ м/с); S_{\min} – минимальная площадь кольцевого пространства, м².

Эта площадь рассчитывается в интервале нахождения забойного двигателя или БТ при роторном бурении. Диаметр скважины принимается с учётом коэффициента каверзости.

1. Интервал (2829–2939 м):

$$\begin{aligned} D_c &= 1,5 \cdot 0,187 = 0,28 \text{ м}; \\ S_{\max} &= 0,785 \cdot (0,28^2 - 0,127^2) = 0,048 \text{ м}^2; \\ Q_1 &= 0,1 \cdot 0,048 + \frac{10 \cdot 3,14 \cdot (0,188^2 - 0,08^2) \cdot (2,2 - 1,15)}{60 \cdot 4 \cdot 0,02} = 18,8 \text{ л/с}; \\ Q_2 &= 1,5 \cdot 0,0628 = 0,104 \text{ м}^3/\text{л} = 104 \text{ л/с}. \end{aligned}$$

Принимая во внимание рекомендации по расходу промывочной жидкости при бурении с отбором керна:

$$Q_1 = 25 \text{ л/с}.$$

2. Интервал (752–2829 м):

$$\begin{aligned} D_c &= 1,4 \cdot 0,2159 = 0,303 \text{ м}; \\ S_{\max} &= 0,785 \cdot (0,1706 - 0,0213) = 0,117 \text{ м}^2; \\ Q_1 &= 0,1 \cdot 0,117 + \frac{15 \cdot 0,2159^2 \cdot 3,14 \cdot (2,2 - 1,15)}{60 \cdot 4 \cdot 0,02} = 0,02835 \text{ м}^3/\text{с} = 28 \text{ л/с}; \\ Q_2 &= 1,5 \cdot 0,0385 = 0,0578 \text{ м}^3/\text{л} = 58 \text{ л/с}; \\ 28 &< Q_{II} < 58. \end{aligned}$$

По характеристике насоса подбираем расход промывочной жидкости:

$$Q_{II} = 31 \text{ л/с}.$$

3. Интервал (0–752 м):

$$\begin{aligned} D_c &= 1,3 \cdot 0,2953 = 0,4728 \text{ м}; \\ S_{\max} &= 0,785 \cdot (0,224 - 0,0196) = 0,16 \text{ м}^2; \\ Q_1 &= 0,15 \cdot 0,16 + \frac{35 \cdot 0,394^2 \cdot 3,14 \cdot (1,6 - 1,15)}{4 \cdot 0,02} = 0,05536 \text{ м}^3/\text{с} = 55 \text{ л/с}; \\ Q_2 &= 1,3 \cdot 0,13 = 0,169 \text{ м}^3/\text{л}; \\ 55 &< Q_{III} < 169. \end{aligned}$$

По характеристике насоса подбираем расход промывочной жидкости:

$$Q_{III} = 62 \text{ л/с}.$$

Таким образом, для безаварийного бурения скважины следует обратить особое внимание на промывки перед наращиванием и перед подъёмом для уменьшения времени пребывания выбуренного шлама в скважине и ускорения его доставки к средствам очистки.

Необходимо строго соблюдать долив скважины при подъёмах во избежание снижения забойного давления и предотвращения осыпания неустойчивых глинистых отложений;

Кроме того, следует обратить внимание на реологические свойства бурового раствора и эффективность очистки ствола скважины от выбуренного шлама с целью предотвращения сальникообразования.

Литература:

1. Булатов А.И., Савенок О.В. Осложнения и аварии при строительстве нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение – Юг», 2010. – 522 с.
2. Экология при строительстве нефтяных и газовых скважин: учебное пособие для студентов вузов / А.И. Булатов [и др.]. – Краснодар : ООО «Просвещение – Юг», 2011. – 603 с.



3. Экология: учебно-методическое пособие для студентов высших учебных заведений / Л.В. Поварова [и др.]. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2009. – 127 с.
4. Экологические аспекты при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / О.В. Савенок [и др.]. – М. ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 652 с.
5. Булатов А.И. Буровые и тампонажные растворы для строительства нефтяных и газовых скважин. – Краснодар : ООО «Просвещение – Юг», 2011. – 452 с.
6. Булатов А.И., Савенок О.В. Капитальный подземный ремонт нефтяных и газовых скважин: в 4 томах. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2012–2015. – Т. 1–4.
7. Булатов А.И., Савенок О.В., Рахматуллин Д.В. Drilling Fluids Engineering Manual: в 4-х томах. – Уфа : ООО «Первая типография», 2019. – Т. 1–4.
8. Третьяк А.Я., Савенок О.В., Рыбальченко Ю.М. Буровые промывочные жидкости: учебное пособие. – Новочеркасск : Лик, 2014. – 374 с.
9. Ананченко М.А., Савенок О.В. Анализ текущего состояния и перспективы разработки Северо-Лабатьюганского нефтяного месторождения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 4. – С. 39–56.
10. Батыров М.И., Руденко С.И., Савенок О.В. Построение регрессионной модели для определения факторов, влияющих на свойства и технологические параметры бурового раствора // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 297–315.
11. Загвоздин И.В., Каменских С.В. Исследование влияния параметров буровых растворов на вероятность возникновения дифференциальных прихватов // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 97–103.
12. Мартель А.С., Моренов В.А., Леушева Е.Л. Исследование составов буровых растворов для бурения глинистых пород и предупреждения сальникообразования // Булатовские чтения. – 2017. – Т. 3. – С. 170–176.
13. Поварова Л.В., Батыров М.И. Обоснование выбора бурового раствора для вскрытия продуктивных пластов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2020. – № 3. – С. 215–236.
14. Поварова Л.В., Мунтян В.С., Скиба А.С. Перспективы использования буровых растворов на основе биополимерных систем // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 3. – С. 289–292.
15. Обоснование выбора бурового раствора при строительстве нефтяной эксплуатационной наклонно-направленной скважины с горизонтальным окончанием на Восточно-Таркосалинском месторождении / Л.В. Поварова [и др.] // Булатовские чтения. – 2021. – Т. 1. – С. 367–375.

References:

1. Bulatov A.I., Savenok O.V. Complications and accidents during the construction of oil and gas wells. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2010. – 522 p.
2. Ecology in the construction of oil and gas wells: a textbook for university students / A.I. Bulatov [et al.]. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2011. – 603 p.
3. Ecology: an educational and methodological guide for students of higher educational institutions / L.V. Povarova [et al.]. – Krasnodar : Kuban State Technological University, 2009. – 127 p.
4. Environmental aspects in the construction of oil and gas wells: monograph / O.V. Savenok [et al.]. – M. ; Volgda : Infra-Engineering, 2021. – 652 p.
5. Bulatov A.I. Drilling and grouting solutions for the construction of oil and gas wells. – Krasnodar : LLC «Prosveshchenie – Yug», 2011. – 452 p.
6. Bulatov A.I., Savenok O.V. Capital underground repair of oil and gas wells: in 4 volumes. – Krasnodar : «Publishing House – South» LLC, 2012–2015. – Vol. 1–4.
7. Bulatov A.I., Savenok O.V., Rakhmatullin D.V. Drilling Fluids Engineering Manual: in 4 volumes. – Ufa : LLC «First Printing House», 2019. – Vol. 1–4.
8. Tretyak A.Ya., Savenok O.V., Rybalchenko Yu.M. Drilling fluids: textbook. – Novocherkassk : «Lik», 2014. – 374 p.
9. Ananchenko M.A., Savenok O.V. Analysis of the current state and prospects of development of the Severo-Labatyugansk oil field // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2020. – № 4. – P. 39–56.
10. Batyrov M.I., Rudenko S.I., Savenok O.V. Constructing a regression model for determining factors affecting the properties and technological parameters of drilling mud // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2019. – № 1. – P. 297–315.
11. Zagvozdin I.V., Kamenskikh S.V. Investigation of the influence of drilling mud parameters on the probability of differential seizures // Readings name of A.I. Bulatov. – 2017. – Vol. 3. – P. 97–103.
12. Martel A.S., Morenov V.A., Leusheva E.L. Investigation of the compositions of drilling fluids for drilling clay rocks and prevention of salt formation // Readings name of A.I. Bulatov. – 2017. – Vol. 3. – P. 170–176.
13. Povarova L.V., Batyrov M.I. Justification of the choice of drilling equipment for opening productive formations // Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). – 2020. – № 3. – P. 215–236.
14. Povarova L.V., Muntyan V.S., Skiba A.S. Prospects for the use of drilling fluids based on biopolymer systems // Readings name of A.I. Bulatov. – 2020. – Vol. 3. – P. 289–292.
15. Justification of the choice of drilling mud during the construction of an oil production directional well with a horizontal end on the Vostochno-Tarkosalinskoye field / L.V. Povarova [et al.] // Readings name of A.I. Bulatov. – 2021. – Vol. 1. – P. 367–375.