

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2024.4.283-295>

EDN JHOVPO

УДК 622.24.085.5+622.244.4.06

**Особенности строительства скважин на
глубоководном шельфе Гвинейского залива (Кот-д'Ивуар)
и перспективы совершенствования промывочной жидкости
для этих условий**

*Каку. Н.Д.С., Исмаков Р.А., Хасанов Р.А., Гаймалетдинова Г.Л.
Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия*

**Peculiarities of well construction in the deepwater
shelf of the Gulf of Guinea (cote d'ivoire) and prospects
for improving drilling fluids for this environment**

*N.D.S. Kacou, R.A. Ismakov, R.A. Khasanov, G.L. Gaimaletdinova
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia*

E-mail: etoile2889@gmail.com

Аннотация. В статье кратко рассмотрены особенности глубоководного бурения скважин на шельфе Гвинейского залива (Кот-д'Ивуара), а также промысловые данные по пробуренным скважинам, отмечены недостатки и пути совершенствования промывочных жидкостей.

Ключевые слова: совершенствование, глубоководный шельф, поглощение, избыточное давление, высокая температура, параметры, бурение, состав, буровой раствор, коллектор, Альб, Кот-д'Ивуар, Гвинейский залив, ингибированные буровые промывочные жидкости, растворы на углеводородной основе

Для цитирования: Каку. Н.Д.С., Исмаков Р.А., Хасанов Р.А., Гаймалетдинова Г.Л. Особенности строительства скважин на глубоководном шельфе Гвинейского залива (Кот-д'Ивуар) и перспективы совершенствования промывочной жидкости для этих условий // Нефтяная провинция.-2024.-№4(40).-С. 283-295. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.4.283-295>. - EDN JHOVPO

Abstract. The article provides a summary of the characteristics of deep-water drilling for wells on the shelf of the Gulf of Guinea (Côte d'Ivoire). Additionally, it presents field data

on the drilled wells, identifies challenges, and suggests potential improvements to drilling fluids.

Key words: *enhancement, deepwater shelf, absorption, overpressure, high temperature, parameters, drilling, composition, drilling mud, reservoir, Alb, Côte d'Ivoire, Gulf of Guinea, inhibited drilling muds, hydrocarbon-based muds*

For citation: N.D.S. Kacou, R.A. Ismakov, R.A. Khasanov, G.L. Gaimaletdinova Osobennosti stroitel'stva skvazhin na glubokovodnom shel'fe gvinejskogo zaliva (kot-D'ivuar) i perspektivy sovershenstvovaniya promyvochnoj zhidkosti dlya ehstikh uslovij [Peculiarities of well construction in the deepwater shelf of the Gulf of Guinea (côte d'ivoire) and prospects for improving drilling fluids for this environment]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(40), 2024. pp. 283-295. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.4.283-295>. EDN JHOVPO (in Russian)

Развитие передовых методов и технологий глубокого бурения на суше и на море позволило расширить площади поисковых и разведочных работ во всем мире, в том и числе в Гвинейском заливе.

Благодаря недавним открытиям шельфовых месторождений и продолжающейся разведке нефти во всех государствах Гвинейского залива, регион стал одним из ключевых нефтедобывающих районов Африки. По оценкам специалистов, он обеспечивает 70% добычи нефти на Африканском континенте [3].

По данным Геологической службы США (USGS), большая часть углеводородного потенциала залегает на больших глубинах провинции [4, с.1], поэтому количество открытий в более глубоких водах бассейна увеличивается с каждым годом вместе с трудностями строительства скважин в подобных геолого-технических условиях.

На побережье Гвинейского залива расположены такие страны и крупные производители нефти, как Ангола, Габон и Нигерия, а также другие не менее важные производители, такие как Экваториальная Гвинея, Камерун, Конго-Браззавиль и Кот-д'Ивуар. Данная работа будет посвящена, в частности, бурению скважин на шельфе Кот-д'Ивуара (Рис. 1).

Рассмотрим особенности глубоководного бурения скважин в данном регионе, а также промысловые данные по пробуренным скважинам. При

этом отметим недостатки и пути совершенствования промывочных жидкостей.

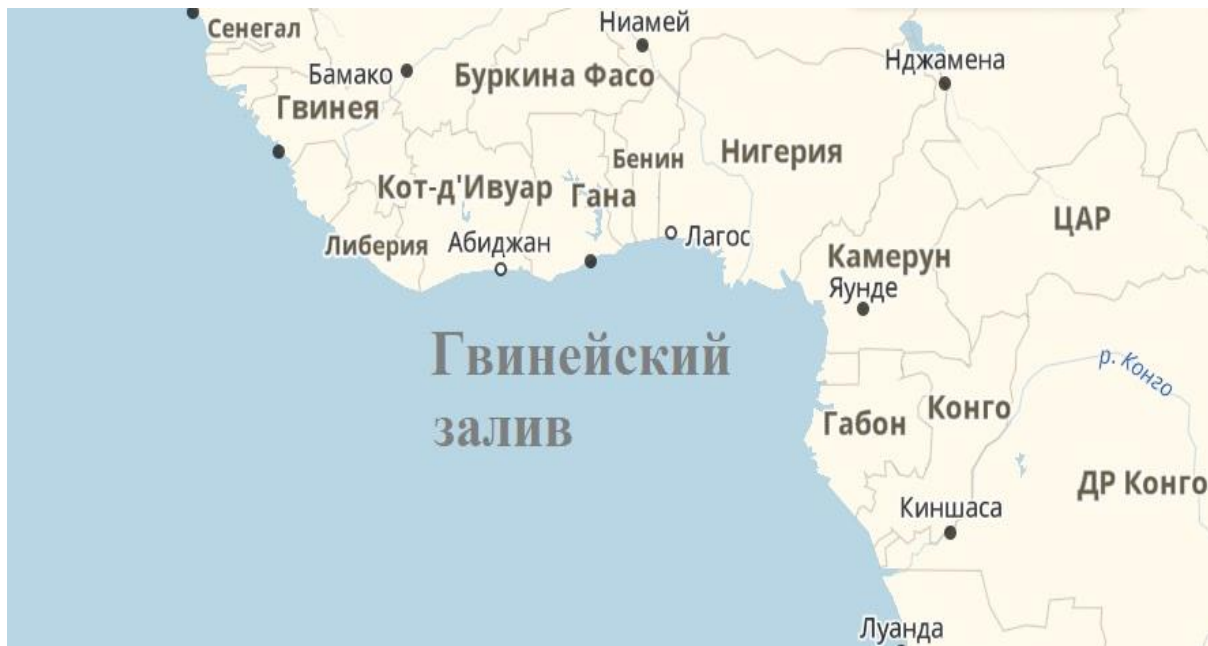


Рис. 1. Гвинейский залив (карта из сети интернет)

Гвинейский залив - английский: Gulf of Guinea, французский: Golfe de Guinée, испанский: Golfo de Guinea, португальский: Golfo da Guiné, расположен на $2^{\circ}23'43''$ с.ш. $6^{\circ}24'24''$ в.д..

Залив, площадь которого составляет 1 533 000 км², а средняя величина приливов и отливов – 2,7 м, — часть Атлантического океана, проходящая вдоль гвинейского побережья. Он расположен на юго-западе Африки и пересекает не только экватор, но и основной меридиан. Его максимальная глубина составляет 6363 м, а соленость – 34–35‰.

Текущий прогноз добычи нефти в Гвинейском заливе составляет 5,4 млн. баррелей в сутки. Нефть залива в основном малосернистая с плотностью 814–931 кг/м³ [3].

Республика Кот-д'Ивуар общей площадью 322 462 км² расположена между западной долготой $2^{\circ}30'$ - $8^{\circ}30'$ и северной широтой $4^{\circ}30'$ - $10^{\circ}30'$, омываемая с юга Атлантическим океаном вдоль 550-километровой береговой линии [2, с.7].

Кот-д'Ивуар входит в состав Западноафриканской трансформной окраины (ЗАТМ) - обширной области тектонических напряжений, ограниченной рядом крупных разломов, которые образовались при разделении Африканского и Американского континентов в конце юрского и начале мелового периодов (Рис. 2) [3, с.1 и 8, с.7].

Геологоразведочные работы в Кот-д'Ивуаре исторически были сосредоточены в центральном и восточном бассейнах, где было сделано много открытий углеводородов. Газ, как правило, обнаруживался в стратиграфических ловушках верхнего мела (месторождения Фокстрот, Пантер и Марлин), а нефть - в структурных ловушках нижнего мела (месторождения Лев, Эспуар, Акажу, Баобаб и Коссипо) [5].

Эти результаты побудили экстраполировать тенденции из известных районов глубоководной геологоразведки для бурения поисковых скважин Mogue-1X (Anadarko и Total) и Saphir-1X (Total), которые доказали существование функциональной углеводородной системы в западной части бассейна, которая ранее была мало изучена [5], как видно из рис. 3 [7].

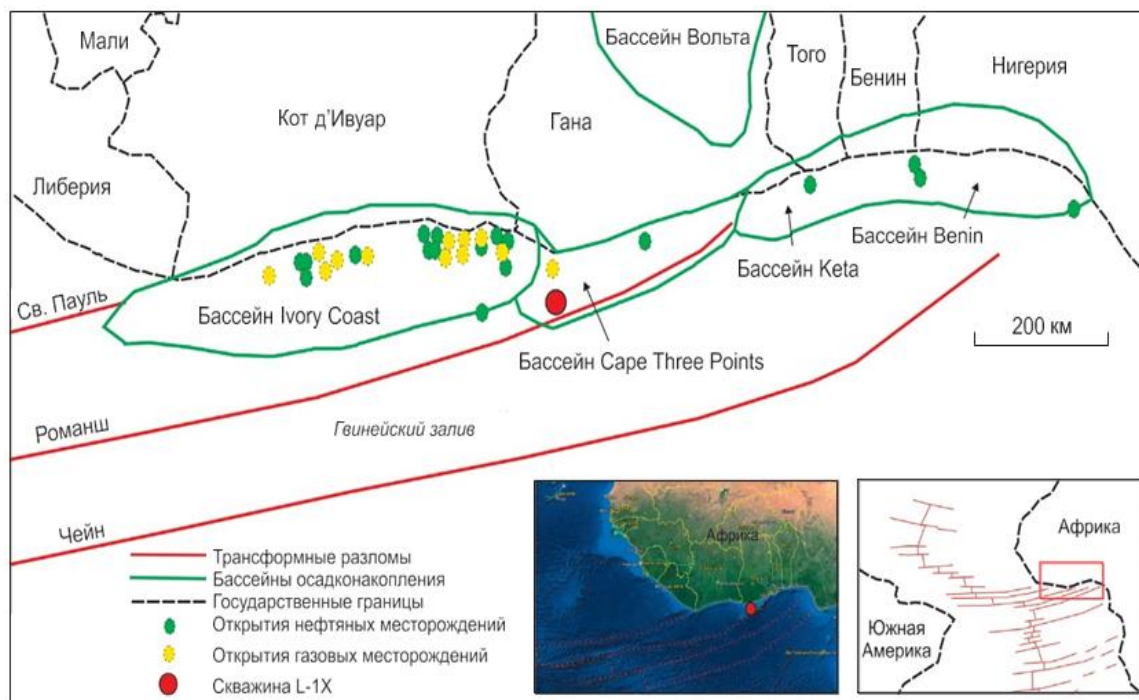


Рис. 2. Карта-схема регионального тектонического строения и нефтегазоносных бассейнов Гвинейского

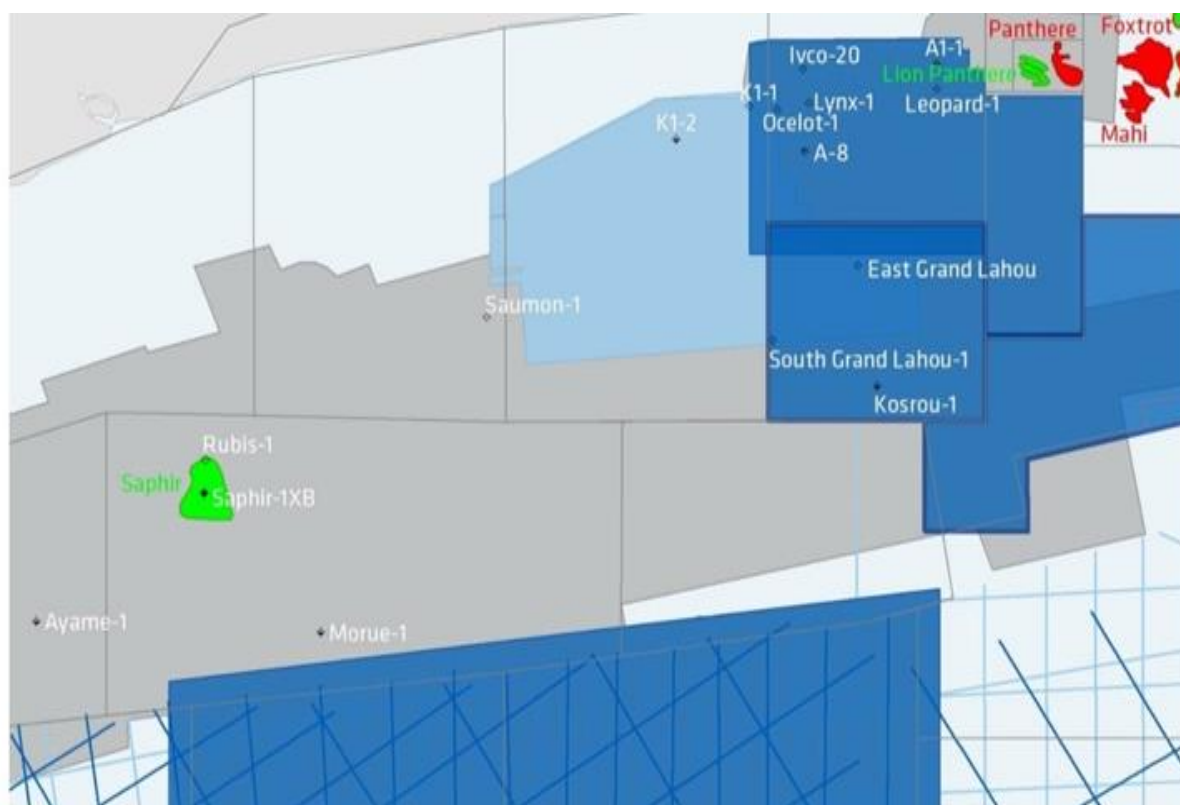


Рис. 3. Количество разведочных скважин, пробуренных в бассейне Кот-д'Ивуара вблизи блока CI-705

Кроме того, в сентябре 2021 года в осадочном бассейне Deep Тапо в Кот-д'Ивуаре на глубине моря 1200 метров было обнаружено глубоководное нефтегазовое месторождение Valeine, ставшее крупнейшим в стране открытием углеводородов.

Условия бурения на очень больших глубинах, как правило, сложны не только из-за глубины скважины, но и из-за геологических и технических факторов [9]: высоких давлений и температур, больших диаметров и глубин обсадных колонн и т.д., что вызывает высокие требования к буровым растворам. Если по промысловым данным на сегодняшний день на месторождении Valeine в Кот-д'Ивуаре при глубине моря 1200 метров высоких температур не наблюдается, то по мнению экспертов PETROCI глубоководные скважины в бассейне Кот-д'Ивуар – Тапо являются потенциальными зонами высоких давлений и температур.

Также, согласно данным Alexander. E. и Par. M. [1, с.1], опыт бурения в Кот-д'Ивуаре на данный момент показал, что очень глубоководные блоки обладают дополнительными геологическими сложностями, которые затрудняют прогнозирование порового давления. Эти сложности заключаются в следующем:

– в шельфовых и склоновых областях Западной Африки, особенно в средне- и поздне меловых интервалах, как правило, наблюдается сильная изменчивость максимальных избыточных давлений;

– во вскрываемых породах возможны значительные поглощения промывочных жидкостей, вплоть до потери циркуляции;

– меловые сланцы частично сцементированы и содержат переменные известняковые прожилки, что делает проблематичным любой прогноз порового давления.

Известно, что Альбский интервал содержит сланцы с высоким содержанием органического углерода в исходной породе, что создает при геофизических исследованиях эффекты, имитирующие избыточное давление.

Средние геотермические градиенты ($\sim 37^\circ\text{C}/\text{км}$) относительно высокие (Рис. 4) [8, с .8].

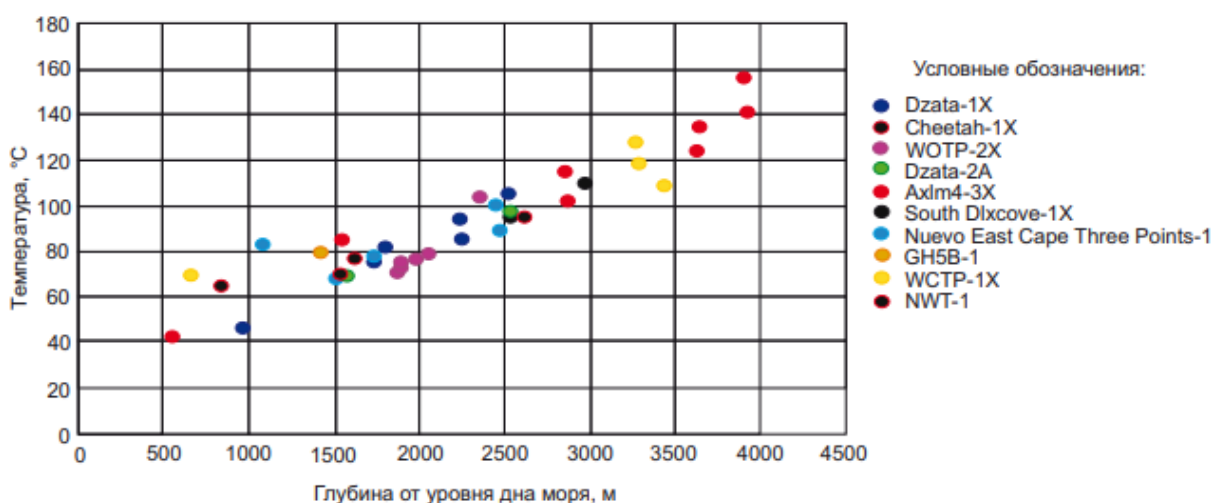


Рис. 4. Распределение значений температур по скважинам Гвинейского залива

В таких условиях, кропотливым и зачастую сложным процессом является подбор бурового раствора, который должен обеспечить основной контроль и управление скважиной в процессе бурения.

В целом, при проведении буровых работ в Кот-д'Ивуаре, верхние интервалы ствола бурятся с использованием морской воды (бурового раствора на водной основе), в то время как промежуточные участки и участки в продуктивной зоне бурятся с использованием буровых промывочных жидкостей на основе нефти или синтетических материалов.

Среди наиболее часто используемых в Кот-д'Ивуаре систем буровых растворов можно назвать: LTOBM Versaclean, Versapro (Шлюмберже), SBM Rheliant, Rheliant Plus (M-I SWACO, Шлюмберже), LTOBM Innovert (Барроид, Халлибуртон).

Однако, несмотря на высокое качество этих буровых промывочных жидкостей и достаточно удовлетворительные результаты, в Кот-д'Ивуаре при бурении некоторых скважин сталкиваются с рядом повторяющихся проблем, которые подчеркивают необходимость дальнейших исследований и совершенствования систем буровых промывочных жидкостей.

Например, скважина KS 1X на блоке CI-XX в Кот-д'Ивуаре пробурена до конечной глубины 5235 м (2932 м ниже морского дна) (Рис. 5). При этом на всем протяжении 17–1/2-дюймового участка скважины, начиная с глубины 764 м ниже морского дна, были зафиксированы значительные поглощения бурового промывочного раствора, причем между этапами бурения и цементирования скважины было потеряно около 7000 баррелей технологической жидкости (Рис. 6).

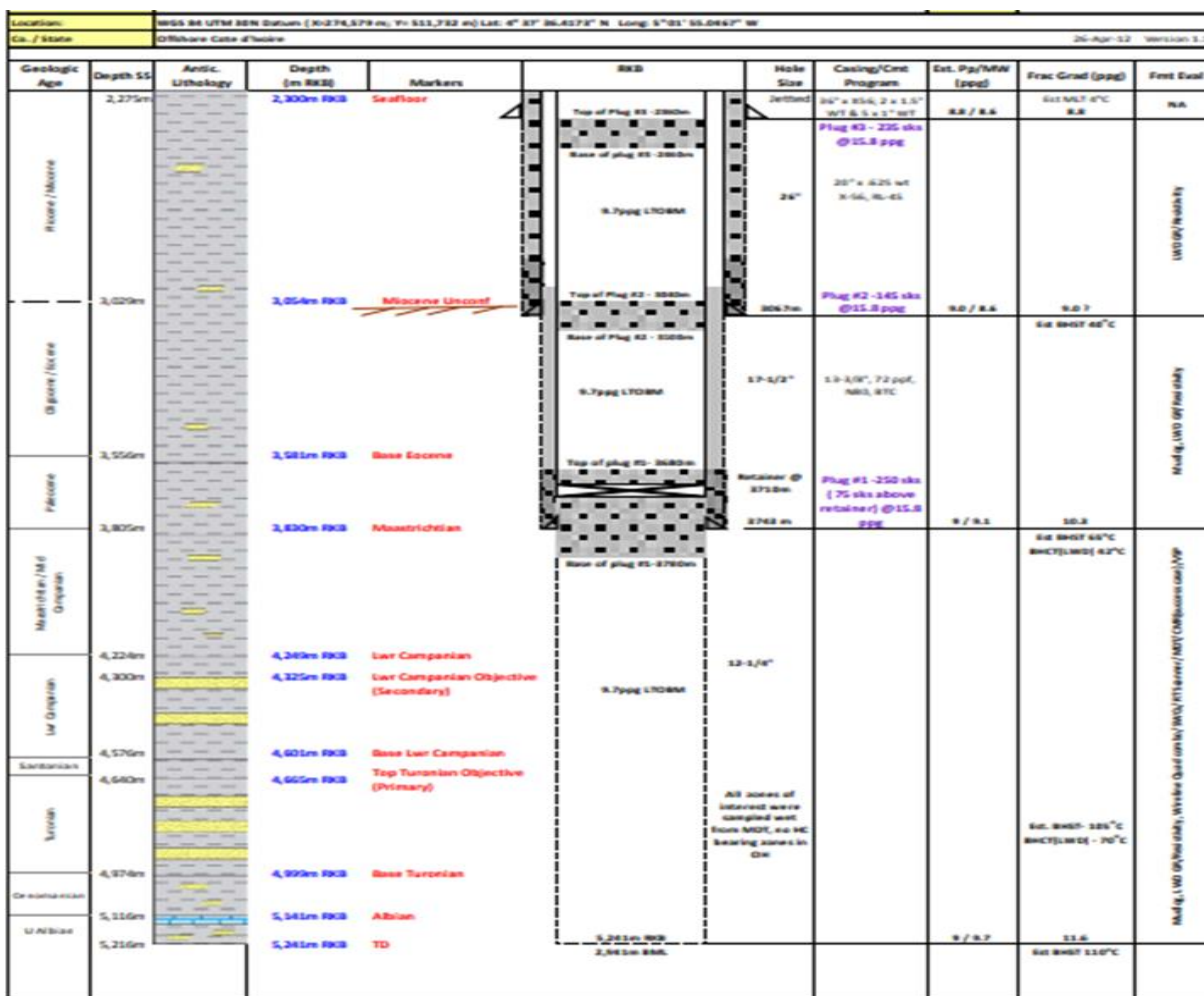


Рис. 5. Конструкция скважины KS 1X после ликвидации (По данным компании Petroci)

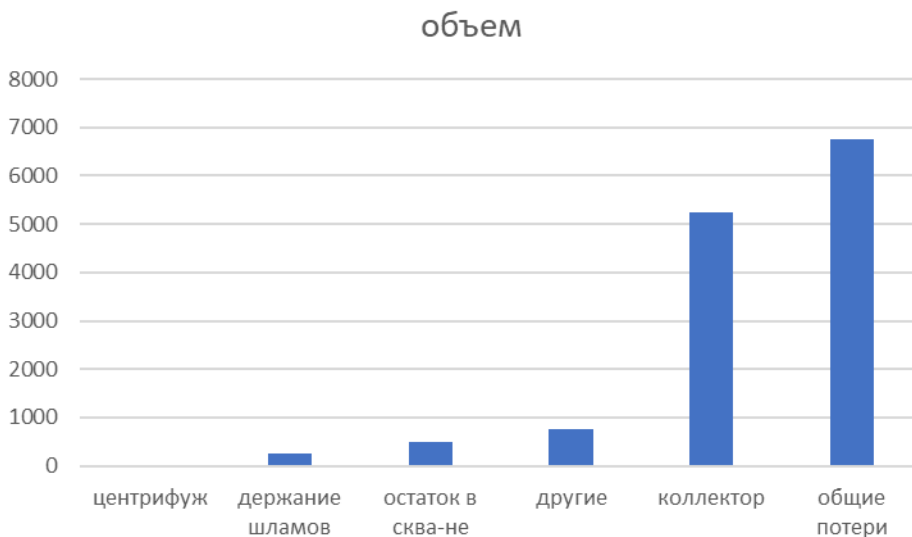


Рис. 6. График распределения потерь бурового раствора при бурении 17-1/2 участка скважины KS 1X (По данным компании Petroci)

Исходя из этого, авторами поставлены задачи по определению причин поглощения в упомянутых скважинах, разработке путей решения для их устранения или предотвращения в будущем, в частности совершенствованием предлагаемых буровых промывочных жидкостей, технологий их приготовления и применения с учетом следующих требований:

– буровые промывочные жидкости должны отвечать не только требованиям скважины и пласта, но и окружающей среды;

– при выборе буровой промывочной жидкости необходимо учитывать такие факторы, как конструкция скважины, ожидаемое пластовое давление и механические свойства породы, химический состав пласта и флюида;

– необходимость ограничения изменения параметров буровой промывочной жидкости под температурным воздействием и снижения фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) продуктивной зоны, вопросы логистики и экономики.

Опыт бурения скважин в регионе и результаты исследований [6] показывают, что с технологической точки зрения наиболее эффективным и предпочтительным типом буровой промывочной жидкости для бурения в данных геолого-технических условиях строительства скважин является преимущественно обратный эмульсионный раствор. Например, первый опыт с применением высокоингибированного раствора на водной основе (Ultradrill), в стране был получен в 2021 при бурении скважины Ва-1Х, относящейся к категории глубоководных с глубиной 3058 м MD/RT на блоке СІ-7хх. Все секции скважины были пробурены с использованием вышеупомянутого бурового раствора. Проблем с прихватом или поглощением бурового раствора не было. Раствор безопасен для здоровья человека и окружающей среды, имеет схожие характеристики с нефтяными и комбинированными растворами, а также предотвращает образование сальников и выпучивание глинистых пород.

Однако у этой буровой промывочной жидкости есть и определенные недостатки: она устойчива только до температур 110°C, а при разбуривании цементных мостов ее приходится обрабатывать лимонной кислотой. [10].

В целом, этот опыт свидетельствует о потенциале новых технологических решений. В условиях контроля экологии, требований нулевого сброса с буровых платформ, учитывая саму природу основных компонентов обратных эмульсионных буровых промывочных жидкостей, определяющих их высокую стоимость и предъявляющих определенные требования к организации работ, оборудованию буровых установок и утилизации отходов бурения - поиск новых технологических решений в области буровых промывочных жидкостей до сих пор актуален. Новые составы, альтернативные растворам на углеводородной и синтетической основе для ряда сложных проектов в Кот-д'Ивуаре, являются производственной необходимостью и требуют дополнительных исследований.

Выводы и заключение. Поскольку число глубоководных открытий в Гвинейском заливе, особенно в бассейне Кот-д'Ивуара, продолжает расти, крайне важно выбрать оптимальную рецептуру буровой промывочной жидкости, которая позволит проникнуть в пласт, сохранив его свойства, но и исключать потенциальные осложнения, связанные с нестабильностью стенок скважины, поглощением буровых растворов или потерей циркуляции.

Исходя из нашего анализа, высокоингибированный буровой раствор на водной основе (ВИРВ) может стать подходящей заменой жидкостям на углеводородной и синтетической основе в будущих глубоководных проектах в Кот-д'Ивуаре. Помимо предотвращения осложнений, связанных с неустойчивостью стенок скважины, поглощением буровой промывочной жидкости или потерей циркуляции, жидкость должна обладать высокой устойчивостью к повышенным температурам и давлению с учетом перспектив бурения новых глубоководных месторождений.

Список литературы

1. Alexander.E. PPFG well planning for the ultra-deep water, Ayame-1X exploration well, offshore Cote d'Ivoire / Alexander. E, Par. M, Will. P, Andrew E-K, Neil. W, Jeremy. N and Kester.W // AfricaConference –2017. (По-английски)
2. Etude de faisabilite des forages manuels identification des zones potentiellement favorables – Republique de la cote d'ivoire– 2009. (По-английски)
3. Mango I.Q. On The Oil and Gas Potential of the Gulf of Guinea Shelf / I.Q. Mango // International Research Journal. - 2021. - №5 (107). - doi: 10.23670/IRJ.2021.107.5.040. (По-английски)
4. Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier. Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa / Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier, – 2006. – С. 1 - doi: 10.3133/b2207C (По-английски)
5. Société Nationale d'Operations Petrolières de Cote d'Ivoire (PETROCI). (По-английски)
6. Войтенко. Д.Н. Высокоингибирующие буровые растворы на водной основе (HPWBM) для строительства сложных нефтегазовых скважин/ Д.Н. Войтенко, М.П. Фролов, В.И. Шепелев, С.В. Кожухов, Е.А. Шокин, П.В. Лукьянов, К.А. Попов – Ноябрь 2022.
7. William Powell and Avril Burrell. Extending Exploration Potential to Western Côte d'Ivoire / William Powell and Avril Burrell, Pgs; Ibrahima Diaby and Marcelle Gauly, Petroci // GEOExPro – October 2019. (По-английски)
8. Горбачев, С.Д. Особенности геологического строения и разработки плотных коллекторов нижнего и среднего Альба на шельфе гвинейского залива (на примере месторождения линкс) / С. Д. Горбачев, Л. Ф. Гареева, В. А. Бочкарев. ("ЛУКОЙЛ Оверсиз Сервис Б.В.") // Нефтепромысловое дело – 2015–№ 4 – С. 5–12.
9. Ганиев Р. И., Исмаков Р.А., Люк Дебоер, Аглиуллин А.Х. «U-tube» эффект при бурении с двойным градиентом и верхних интервалов глубоководных скважин / “U-tube” effect during dual gradient drilling and drilling upper intervals of offshore wells. Ежеквартальный научно-технический журнал «ВЕСТНИК Ассоциации буровых подрядчиков». – 2020. - №4. – С. 20-25.
10. Нгуен, Т. Х. Рациональная технология бурения долотами рдс с применением полимерных растворов в перемежающихся по твердости горных породах месторождения «южный дракон и доймой» (срв): дис. ... канд. техн. наук: 25.00.15. - Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, 2016 - 138 с.

References

1. Alexander. E. PPFG well planning for the ultra-deep water, Ayame-1X exploration well, offshore Cote d'Ivoire / Alexander. E, Par. M, Will. P, Andrew E-K, Neil. W, Jeremy. N and Kester.W // AfricaConference –2017.
2. Etude de faisabilite des forages manuels identification des zones potentiellement favorables – Republique de la cote d'ivoire– 2009.
3. Mango I.Q. On The Oil and Gas Potential of the Gulf of Guinea Shelf / I.Q. Mango // International Research Journal. - 2021. - №5 (107). - doi: 10.23670/IRJ.2021.107.5.040.
4. Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier. Geology and Total Petroleum Systems of the Gulf of Guinea Province of West Africa / Michael E. Brownfield and Ronald R. Charpentier, – 2006. – С. 1 - doi: 10.3133/b2207C
5. Societe Nationale d'Operations Petroliere de Cote d'Ivoire (PETROCI).

6. Voitenko D.N. High performance water-based mud (hpwbm) for complex oil and gas well construction / D.N. Voitenko, M.P. Frolov, V.I. Shepelev, S.V. Kozhukhov, E.A. Shokin1, P.V. Lukyanov, K.A. Popov –November 2022.(in Russian)
7. William Powell and Avril Burrell. Extending Exploration Potential to Western Côte d'Ivoire / William Powell and Avril Burrell, Pgs; Ibrahima Diaby and Marcelle Gauly, Petroci // GEOExPro – October 2019.
8. Gorbachev, S.D. Peculiarities of geological structure and development of tight reservoirs of the Lower and Middle Albian on the shelf of the Gulf of Guinea (on the example of the Lynx field) / S.D. Gorbachev, L.F. Gareeva, V.A. Bochkarev. (LUKOIL Overseas Service B.V.) // Oilfield Business - 2015- № 4 - P. 5-12 (in Russian)
9. Ganiev R.I., Ismakov R.A., Luc Deboer, Agliullin A.H. 'U-tube' effect during dual gradient drilling and drilling upper intervals of offshore wells. Quarterly scientific and technical journal 'Bulletin of the Association of Drilling Contractors'. - 2020. - №4. - С. 20-25.9. (in Russian)
10. Nguyen, T.H. Rational technology of drilling with pdc bits with the use of polymer solutions in hardness intermittent rocks of the deposit 'Southern dragon and Doimoi' (srv): Candidate of Technical Sciences: 25.00.15. - Russian State Geological Exploration University named after Sergo Ordzhonikidze. Moscow, 2016 - 138 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Каку Нанан Даниэль Стелла, аспирант кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: etoile2889@gmail.com

Исмаков Рустэм Адипович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: ismakovrustem@gmail.com

Хасанов Ренат Асхадович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: superneftegaz@gmail.com

Гаймалетдинова Гульназ Леоновна, старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

Authors

N.D.S. Kasou, postgraduate student of «Drilling of Oil and Gas Wells» Department, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: etoile2889@gmail.com

R.A. Ismakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Drilling of Oil and Gas Wells», Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: ismakovrustem@gmail.com

R.A. Khasanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of «Drilling of Oil and Gas Wells», Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: superneftegaz@gmail.com

G.L. Gaimaletdinova, Senior Lecturer of «Drilling of Oil and Gas Wells» Department, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonautov Str., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.11.2024
Принята к публикации 17.12.2024
Опубликована 30.12.2024