



ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН В СЛОЖНЫХ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А.П. Чижов^{1,2}, В.В. Мухаметшин^{1*}, В.Е. Андреев^{1,2}, Л.С. Кулешова¹,
А.В. Андреев¹, А.Р. Сафиуллина¹

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

²Институт стратегических исследований Республики Башкортостан, Уфа, Россия

Geomechanical aspects of improving well drilling in difficult mining conditions

A.P. Chizhov^{1,2}, V.V. Mukhametshin^{1*}, V. E. Andreev^{1,2}, L.S. Kuleshova¹, A.V. Andreev¹, A.R. Safiullina¹

¹Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia; ²Institute of strategic research of the Republic of Bashkortostan, Ufa, Russia

ABSTRACT

The research carried out made it possible to improve the technology of drilling wells in difficult mining conditions. The proposed approach is based on a systematic approach to the consolidation of borehole walls and its separation from exposed systems of reservoir rocks. The studies cover the unstable rocks of the sedimentary cover of the eastern edge of the Russian platform and the conditions for drilling wells in them. The holes are oriented and horizontal. Field tests have shown that the proposed technical and technological solutions enable the successful solution of the set scientific and technical problems. It is recommended to test the proposed solutions in other regions of Russia and abroad.

KEYWORDS

Well construction;
Geomechanics;
Wall stability;
Improvement;
Systemic approach;
Complex mining conditions.

© 2022 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Введение

Современный этап строительства скважин характеризуется ростом сложности горных условий их бурения. Осложнение ситуации связано с естественными и искусственными факторами. Увеличение сложности условий снижает качественные показатели строительства скважин, а эффективность применяемых технологий бурения неуклонно снижается [1–3]. Это связано с аномальным характером изменения термодинамических и горнотехнических условий бурения и окончания строительства разведочных и эксплуатационных скважин [4–9]. Кроме вышперечисленного зачастую отсутствуют методы контроля и управления технологическими процессами бурения скважин [10–12].

Опыт применения традиционных технологий строительства в сложившейся ситуации показывает, что снижение основных показателей эффективности бурения связано с: нестационарными гидроусловиями бурения; неустраняемыми нарушениями исходных свойств технологических растворов в скважине; отсутствием контроля регулирования взаимодействия с буровыми растворами.

Известно, что качество проведения буровых работ оказывает существенное влияние на эффективность разработки нефтяных месторождений, на степень вовлече-

ния залежей с трудноизвлекаемыми запасами в активную разработку, на эффективность довыработки запасов нефти «зрелых» месторождений и, в конечном счете, во многом определяет ресурс добычных возможностей по стране в целом.

Именно фильтрационно-емкостные свойства призабойной зоны пласта во многом определяют величину дебита скважин [13–19], сроки разработки месторождений [20–26], значения текущей и конечной нефтеотдачи [27–33]. Эти же показатели в значительной мере определяются степенью герметичности затрубного пространства [34–40].

Материалы и методы

Решение этих сложных промышленных задач по стабилизации гидравлического состояния и поведения скважины, сохранению естественных коллекторских свойств продуктивных пластов и изоляции их от водонасыщенных пластов продуктивных пластов, повышению герметичности затрубного пространства возможно только с использованием системного подхода.

Системный подход заключается в реализации следующих научно-прикладных принципов: информационное обеспечение, организация и управление технологическими процессами бурения.

Информационное обеспечение дает представление о сложности, возникающей при углублении забоя.

*E-mail: vsh@of.ugntu.ru

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP2022SI100651>

Например, чтобы понять характеристики интервала поглощения, оценку герметичности и прочности открытого ствола выполняют методом опрессовки из скважины.

Величины экранирующей способности экрана и устойчивости стенок скважин предложены и регулируются следующими показателями:

- коэффициент герметичности: $K = Q/\Delta P$, ($\text{м}^3/\text{с}/\text{МПа}$);
- коэффициент прочности трубы: $\nabla P = \Delta P/H$, $\text{МПа}/\text{м}$;
- градиент давления начала фильтрации жидкости: $\nabla PP = (\Delta P_1)/H_1$.

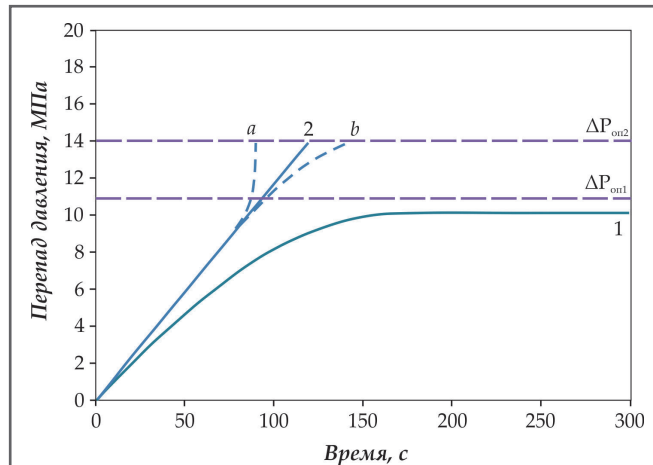


Рис. 1. Гидромеханическая прочность и степень непроницаемости стенок испытанной скважины: 1 – опрессовка с равномерной фильтрацией жидкости; 2 – опрессовка при отсутствии или неустойчивой фильтрации жидкости; a, b – возможные отклонения опрессовки; $\Delta P_{оп1}$, $\Delta P_{оп2}$ – расчетное допустимое давление сжатия

Организация и управление технологическими процессами бурения невозможны без разработки и развития комплекса методов, основанных на технологии гидромеханического упрочнения стенок скважины действием струй буровых растворов. Технология реализуется одновременно с процессом бурения скважины и обеспечивает проектирование гидроизоляционного экрана на скважины. Рассматриваемый гидроизоляционный экран, образующийся в этих термодинамических условиях, характеризуется следующими показателями: глубина зоны коагуляции в скелете проницаемых пород – $(10-30) \times 10^{-3}$ м; толщина глинистого слоя на стенке скважины $(2-3) \times 10^{-3}$ м; герметичность ствола при депрессии $(10-15) \times 10^3$ Па/м; гидромеханическая прочность ствола под действием репрессии – $(18-25) \times 10^3$ Па/м (значения близки к градиенту горного давления) [1].

При общей толщине сформированного экрана до 30 мм в ряду проницаемых пород выделяются три зоны: зона полной гидроизоляции коллектора коагулирующим слоем (I) (рис. 2); зона частичного засорения (максимальное проникновение твердой фазы) (II); участок очистки пор коллектора (III). На графике (рис. 2) представлена величина проницаемости пород этих зон.

Для повышения эффективности создаваемого экрана и повышения гидромеханического упрочнения стенок скважин, пробуренных в неустойчивых и низкоомных породах, встречающихся на многих месторождениях Волго-Урала, предложен и протестирован гель-цементный буровой раствор. Разработка нового бурового раствора велась совместно с учеными и специалистами

компании на лабораторной базе компании ООО «БИТ». Гель-цементный буровой раствор, получивший название «Гель-Дрилла» [2, 4], обладает высокими тиксотропными, гидроизоляционными, ингибирующими свойствами и предназначен для бурения в сложных условиях, связанных с потенциальными грунтовыми и каменными оползнями, хрупкими, неустойчивыми пропластками угля, поглощениями бурового раствора, водо- и углеродпроявлениями.

В 2016–2017 гг. с участием специалистов ООО «БИТ»

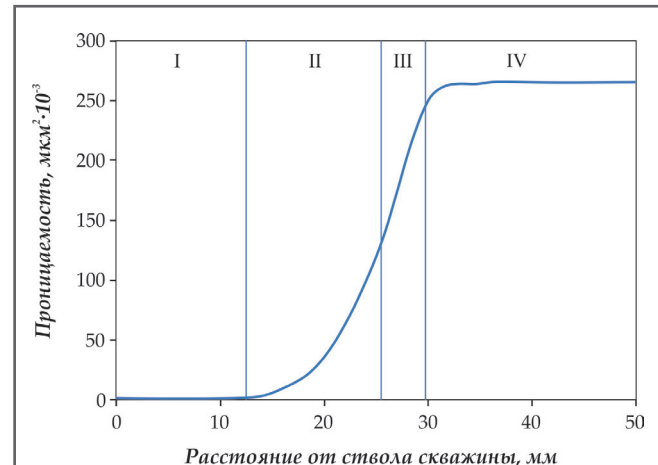


Рис. 2. Проницаемость пород-коллекторов после создания в них экрана: I – площадь полной гидроизоляции коллектора засоряющим слоем; II – зона частичного засорения (максимальное проникновение твердой фазы); III – зона удаления продуктов очистки пор пласта; IV – зона без воздействия на породу (начальная продуктивность коллектора)

и ООО «ТГС» были проведены промышленные испытания технологии упрочнения скважин буровыми растворами новой рецептуры.

Целью опытно-промышленных испытаний являлась оценка соответствия свойств технологических параметров и эксплуатационных свойств буровых растворов их назначению при бурении глубоких скважин в сложных геолого-термодинамических условиях, нелинейном повышении качества, эффективности, экологической безопасности бурения и продление сроков эксплуатации нефтяных и газовых скважин с ограничением количества добываемой воды в резервуарах.

Опытно-промышленные испытания проводились на 17 наклонных скважинах с горизонтальным окончанием глубиной 1430–2050 м. «Технологический» интервал испытаний – 220–1780 м (опытный, транспортный и эксплуатационный).

Характерным, в общем случае, для глубины бурения на месторождениях Волго-Урала является наличие в разрезе скважин, насыщенных жидкостью, с переменным по разрезу и площади залежей пластовым давлением, а также неустойчивых пород, склонных к гидроразрыву. Все это в процессе бурения приводит к нарушениям и усложнениям технологии бурения и связанным с этим негативным последствиям. При традиционной технологии бурения это происходит: при вскрытии каширского горизонта в интервале 959–1010 м (далее – интегральные значения) – нефтепроявления; верейского горизонта в интервале 1040–1098 м – газонефтепроявления, осыпи и стволы; башкирский ярус в интервале 1098–1155 м –

Таблица

Технико-экономический показатель	Скважина № 262г (опытная)	Скважина № 261г (серийная)
Время, затраченное на дополнительные операции (по плану), ч	0.20	39.9 (1.7 сут)
Перевод скважины с одного вида раствора на другой	0.20	7.6 (0.3 сут)
Цементирование горизонта		32.3 (1.3 сут)
Стоимость 1 м ³ раствора, у.е.	0.88	1.00

нефтепроявления; серпуховский возраст 1155–1350 м – водопроявления.

О технологической сложности геолого-технических условий бурения скважин свидетельствуют следующие интегральные показатели: интенсивность большинства ($\leq 80\%$) поглощений составляет $(8-13) \times 10^{-3}$ м³/с, водоподачи – $(0.5-3.3) \times 10^{-3}$ м³/с, газоподачи – фоновые или кратковременные – 0.015–0.6 об. %, осыпи и оползни – от слабых до интенсивных.

Бурение опытных скважин было полностью адаптировано к типовому оборудованию и конструктивно-технологическим решениям, обеспечивающим синхронный и согласованный метод гидромеханического упрочнения скважины гидромониторным воздействием.

Компоновка низа инструмента включала: долото типа PDC 215.9 BIT 616 I430 с 6-ю насадками в долоте диаметром 11.1 мм, кольматационный переводник буровой с боковой насадкой диаметром 12.7 мм, утяжеленную бурильную трубу и далее. Режим бурения роторный с частотой вращения 0.5 с⁻¹, время контакта струи со стенкой скважины – $(4-13) \times 10^{-3}$ с, давление на устье скважины – $(9-13) \times 10^6$ МПа. Промывочная жидкость: гелецементный буровой раствор «Гель-Дрилл» ([4]) с параметрами: статическое напряжение сдвига – 1 мин/10 мин, пластическая вязкость – 35 мПа·с, $\rho = 1190-1230$ кг/м³, твердая фаза – 16% (бентонин + цемент).

Аналитическая оценка результатов опытно-промышленных испытаний проводилась на основании отчетов сервисной поддержки ООО «БИТ» и отчетов об оказанных услугах по телеметрии и технологической поддержке ООО «ТГС». Методы исследований – кавернометрия и температурный картаж, скважинный гамма-дефектоскоп-толщиномер (СГДТ), цементометрия также включены в анализ.

Обобщение и анализ результатов опытно-промышленной апробации технологии гидромеханического упрочнения скважин при бурении скважин позволили сделать следующие выводы.

1. «Технология» соответствует своему назначению и обеспечивает достижение поставленных целей. Бурение скважин, в отличие от традиционных, проходит без осложнений и нарушений технологических процессов в интервалах под технические (опытные, транспортные) и эксплуатационные трубы.

2. Близкие результаты были получены при использовании полимер-глинистого бурового раствора в «технологии» вместо «Гель-Дрилл».

3. Из 6-ти скважин, пробуренных на «Гель-Дрилл» без применения гидромеханического упрочнения, положительный результат получен на 2-х скважинах №№ 1200Г, 13479Г. Такой результат в какой-то мере случаен и, в то

же время, недостаточно эффективен. Потому что при этом остаются нерешенными проблемы стабилизации исходных свойств цементного суспензионного камня, обеспечения герметичности цементируемого затрубного пространства обсадных колонн и защиты эксплуатационных пластов от загрязнения.

К преимуществам «технологии» перед традиционными можно отнести нелинейное увеличение эффективности и качества проводимых работ.

Сокращение общих затрат времени на бурение скважины – 3.3 суток. Общее сокращение времени – более 14 суток.

Конструкция герметичного гидроизоляционного перепускного экрана изолирует скважину от горных пород и возможности их активного взаимодействия в процессе бурения.

Обобщение и аналитическая оценка данных и результатов производства опытно-промышленных буровых растворов «Гель-Дрилл» и «Поликарб-БИО» в процессе гидроупрочнения скважины позволяют сделать обоснованные и соответствующие выводы по повышению качества и эффективности буровых работ в сложных геологических и техногенных условиях.

Современный уровень достигнутой качественной, технико-экономической и экономической безопасности в традиционных технологиях бурения скважин исключает возможность их дальнейшего совершенствования и развития без перехода к системным технологическим разработкам, обеспечивающим нелинейный рост основных показателей строительства скважин.

В целом результаты пилотажного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Применение гелецементного бурового раствора «Гель-Дрилл» в сочетании с технологией гидромеханического упрочнения скважины обеспечило качественное и эффективное бурение 9-ти опытных скважин с горизонтальным окончанием.

2. В результате увеличились технико-экономические показатели буровых работ (на примере скважины № 262г):

- скорость механического бурения – на 13.6%;
- техническая скорость бурения – на 8.6%;
- промышленная скорость бурения – на 6.5%.

3. Улучшены технологические показатели буровых работ:

- уменьшен коэффициент кавернозности ствола;
- сокращение времени на дополнительные операции (изоляция, бурение скважин, замена бурового раствора) – на 97.5%;
- снижение затрат на 1 м³ бурового раствора – на 12%.

4. Дальнейшее совершенствование технологических

процессов и повышение эффективности разработки нефтегазовых месторождений должно базироваться на системных принципах строительства скважин с использованием синхронно-согласованного режима создания гидроизоляционного экрана в пристенной зоне проницаемых пород скважины в процессе бурения скважин.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2020-900 в рамках программы развития Научного центра мирового уровня (НЦМУ).

Литература

1. Polyakov, V.N., Chizhov, A.P., Kotenev, Yu.A., Mukhametshin, V.Sh. (2019). Results of system drilling techniques and completion of oil and gas wells. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (IPDME 2019 – International Workshop on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering)*, 378, 012119, 1–7.
2. Поляков, В.Н., Зейгман, Ю.В., Котенёв, Ю.А., и др. (2018). Системное решение технологических проблем заканчивания строительства скважин. *Нанотехнологии в строительстве*, 10(1), 72–87.
3. Andreev, V.E., Chizhov, A.P., Chibisov, A.V., Mukhametshin, V.Sh. (2019). Forecasting the use of enhanced oil recovery methods in oilfields of Bashkortostan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospects»)*, 350, 012025, 1–6.
4. Ишбаев, Г.Г., Дильмиев, М.Р., Милейко, А.А. и др. (2017). Разработка и опыт применения гелецементного бурового раствора ГЕЛЬ-ДРИЛЛ на Татышлинском месторождении Республики Башкортостан. *Бурение и нефть*, 4, 23-27.
5. Bone, K., Bradley, B., Kale, I. (2019, May). Next-Generation Hybrid Drill Bit Produces Exceptional Drilling Dynamics and Time-Saving Improvements. OTC-29440-MS. In: *Offshore Technology Conference*.
6. Dolezal, T., Felderhoff, F., Bruton, G. (2011, October, November). Expansion of field testing and application of new hybrid drill bit. SPE-146737-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
7. Поляков, В.Н., Аверьянов, А.П., Постников, С.А., Чижов, А.П. (2013). Методы обработки ствола скважин струйными технологиями (преимущества, недостатки, область эффективного применения). *Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море*, 5, 21-22.
8. Dykstra, M. W., Armenta, M. A., Mathew Ain, F. A., et al. (2018, April, May). Converting power to performance: gulf of mexico examples of an optimization workflow for bit selection, drilling system design and operation. OTC-29065-MS. In: *Offshore Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
9. Romero, S. N., Monroy, R. R., Johnson, C., et al. (2006). Preventing lost circulation by use of lightweight slurries with reticular systems: depleted reservoirs in Southern Mexico. *SPE Drilling & Completions*, 21(3), 185-192.
10. Roth, J., Reeves, C. J., Johnson, C. R., et al. (2008, March). Innovative hydraulic isolation material preserves well integrity. SPE-112715-MS. In: *IADC/SPE Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers*.
11. Rodgers, J. D. (2006) Assessments of technologie project: land-based operations. Houston Draft 3, Version 2.
12. Brown, T.J., Idoine, N.E., Raycraft, E. R., et al. (2018). World mineral production 2012-2016. British Geological Society. *Keyworth, Nottingham: NERC*.
13. Мухаметшин, В.В. (2021). Повышение эффективности управления разработкой залежей Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на основе дифференциации и группирования. *Геология и геофизика*, 62(12), 1672–1685.
14. Галкин, В.И., Растегаев, А.В., Козлова, И.А., Кривошеков, С.Н. (2014). Вероятностная оценка эффективности гидравлического разрыва пласта по горно-геологическим показателям (на примере месторождений Когалымского района). *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, 7, 100-104.
15. Рогачев, М.К., Мухаметшин, В.В. (2018). Контроль и регулирование процесса солянокислотного воздействия на призабойную зону скважин по геолого-промысловым данным. *Записки Горного института*, 231, 275-280.
16. Каневская, Р.Д. (1999). Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта. *Москва: Недра-Бизнесцентр*.
17. Аржиловский, А.В., Гусева, Д.Н. (2016). Сравнение методов анализа выработки остаточных запасов. *Нефтепромысловое дело*, 10, 14-19.
18. Грищенко, В.А., Гареев, Р.Р., Циклис, И.М. и др. (2021). Расширение круга льготизируемых объектов, содержащих трудноизвлекаемые запасы нефти. *SOCAR Proceedings*, SI2, 8-18.
19. Ахметов, Р.Т., Маляренко, А.М., Кулешова, Л.С. и др. (2021). Количественная оценка гидравлической извилистости коллекторов нефти и газа Западной Сибири на основе капилляриметрических исследований. *SOCAR Proceedings*, 2, 77-84.
20. Муслимов, Р.Х. (2005). Современные методы повышения нефтеизвлечения: проектирование, оптимизация и оценка эффективности. *Казань: ФЭН*.
21. Мухаметшин, В.Ш., Зейгман, Ю.В., Андреев, А.В. (2017). Экспресс-оценка потенциала добывных возможностей залежей для определения эффективности применения нанотехнологий и необходимости стимулирования ввода их в разработку. *Нанотехнологии в строительстве*, 9(3), 20–34.

22. Экономидес, М., Олини, Р., Валько, П. (2007). Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: наведение мостов между теорией и практикой. *Ижевск: Институт компьютерных исследований.*
23. Грищенко, В.А., Пожиткова, С.С., Мухаметшин, В.Ш., Якупов, Р.Ф. (2021). Прогноз обводненности после оптимизации глубинно-насосного оборудования на основе характеристик вытеснения. *SOCAR Proceedings, SI2, 143-151.*
24. Велиев, Э.Ф. (2020). О механизмах удерживания полимера пористой средой. *SOCAR Proceedings, 3, 126-134.*
25. Грищенко, В.А., Циклис, И.М., Мухаметшин, В.Ш., Якупов, Р.Ф. (2021). Методические подходы к повышению эффективности системы заводнения на поздней стадии разработки. *SOCAR Proceedings, SI2, 161-171.*
26. Грищенко, В.А., Асылгареев, И.Н., Бахтизин, Р.Н. и др. (2021). Методический подход к мониторингу эффективности использования ресурсной базы при разработке нефтяных месторождений. *SOCAR Proceedings, SI2, 229-237.*
27. Гасумов, Э.Р., Гасумов, Р.А. (2020). Управление инновационными рисками при выполнении геолого-технических (технологических) мероприятий на нефтегазовых месторождениях. *SOCAR Proceedings, 2, 8-16.*
28. Грищенко, В.А., Рабаев, Р.У., Асылгареев, И.Н. и др. (2021). Методический подход к определению оптимальных геолого-технологических характеристик при планировании ГРП на многопластовых объектах. *SOCAR Proceedings, SI2, 182-191.*
29. Сулейманов, Б.А., Исмаилов, Ф.С., Велиев, Э.Ф., Дышин, О.А. (2013). О влиянии наночастиц на прочность полимерных гелей, применяемых в нефтедобыче. *SOCAR Proceedings, 2, 24-28.*
30. Ибрагимов, Н.Г., Мусабилов, М.Х., Яртиева, А.Ф. (2014). Эффективность комплекса технологий стимуляции скважин в ОАО «Татнефть». *Нефтяное хозяйство, 7, 44-47.*
31. Хузин, Р.Р., Бахтизин, Р.Н., Андреев, В.Е. и др. (2021). Интенсификация добычи нефти методом гидравлического сжатия пласта. *SOCAR Proceedings, специальный выпуск, 1, 98-108.*
32. Велиев, Э.Ф. (2020). Обзор современных методов увеличения нефтеотдачи пласта с применением потокоотклоняющих технологий. *SOCAR Proceedings, 2, 50-66.*
33. Зейрман, Ю.В., Мухаметшин, В.Ш., Сергеев, В.В., Кинзябаев, Ф.С. (2017). Экспериментальное исследование вязкостных свойств эмульсионных систем с содержанием наночастиц SiO₂. *Нанотехнологии в строительстве, 9(2), 16-38.*
34. Грищенко, В.А., Позднякова, Т.В., Мухамадиев, Б.М. и др. (2021). Повышение эффективности разработки залежей нефти в карбонатных коллекторах на примере турнейского яруса. *SOCAR Proceedings, SI2, 238-247.*
35. Велиев, Э.Ф. (2021). Полимерно-дисперсная система для изменения фильтрационных потоков в пласте. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields, 1(78), 61-72.*
36. Фаттахов, И.Г., Кулешова, Л.С., Султанов, Ш.Х. и др. (2021). Повышение эффективности водоизоляции применением тампонирующего состава. *SOCAR Proceedings, SI2, 192-200.*
37. Хисамиев, Т.Р., Баширов, И.Р., Мухаметшин, В.Ш. и др. (2021). Результаты оптимизации системы разработки и повышения эффективности выработки запасов карбонатных отложений турнейского яруса Четырманского месторождения. *SOCAR Proceedings, SI2, 131-142.*
38. Хисамутдинов, Н.И., Хасанов, М.М., Ибрагимов, Г.З. и др. (1997). Влияние техногенных факторов на физико-гидродинамические характеристики и технологические процессы добычи нефти. *Нефтепромысловое дело, 12, 2-10.*
39. Фаттахов, И.Г., Кулешова, Л.С., Бахтизин, Р.Н., и др. (2021). Комплексирование результатов моделирования ГРП при проведении гибридных кислотно-пропантных обработок и при одновременной инициации трещины ГРП в разделенных интервалах. *SOCAR Proceedings, SI2, 103-111.*
40. Сулейманов, Б.А., Велиев, Э.Ф. (2016). О влиянии гранулометрического состава и наноразмерных добавок на качество изоляции затрубного пространства в процессе цементирования скважин. *SOCAR Proceedings, 4, 4-10.*

References

1. Polyakov, V.N., Chizhov, A.P., Kotenev, Yu.A., Mukhametshin, V.Sh. (2019). Results of System Drilling Techniques and Completion of Oil and Gas Wells. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (IPDME 2019 – International Workshop on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering)*, 378, 012119, 1–7.
2. Polyakov, V.N., Zeigman, Yu.V., Kotenev, Yu.A., et al. (2018). System solution for technological problems of well construction completion. *Nanotechnologies in Construction*, 10 (1), 72–87.
3. Andreev, V.E., Chizhov, A.P., Chibisov, A.V., Mukhametshin, V.Sh. (2019). Forecasting the use of enhanced oil recovery methods in oilfields of Bashkortostan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (International Symposium «Earth sciences: history, contemporary issues and prospects»)*, 350, 012025, 1–6.
4. Ishbaev, G.G., Dilmiev, M.R., Mileyko, A.A., et al. (2017). Development and experience of the cement gel mud gel-drill application on Tatyshlinskaya field of the Republic of Bashkortostan. *Drilling and Oil*, 4, 23-27.
5. Bone, K., Bradley, B., Kale, I. (2019, May). Next-generation hybrid drill bit produces exceptional drilling dynamics and time-saving improvements. OTC-29440-MS. In *Offshore Technology Conference*.
6. Dolezal, T., Felderhoff, F., Bruton, G. (2011, October, November). Expansion of field testing and application of new hybrid drill bit. SPE-146737-MS. In: *SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
7. Polyakov, V.N., Averyanov, A.P., Postnikov, S.A., Chizhov, A.P. (2013). Grout jetting techniques for boreholes (advantages, limitations and efficient application). *Construction of oil and gas wells on land and sea*, 5, 21-22.
8. Mark W. Dykstra, Miguel A. Armenta, Fitzgerald A. Mathew Ain, Omolara Adesokan, Tess L. Schornick, Ashabikash Roy Chowdhury, & Mark D. Allain. (2018, April, May). Converting power to performance: gulf of Mexico examples of an optimization workflow for bit selection, drilling system design and operation. OTC-29065-MS. In *Offshore Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
9. Romero, S. N., Monroy, R. R., Johnson, C., et al. (2006). Preventing lost circulation by use of lightweight slurries with reticular systems: depleted reservoirs in Southern Mexico. *SPE Drilling & Completions*, 21(3), 185-192.
10. Roth, J., Reeves, C. J., Johnson, C. R., et al. (2008, March). Innovative hydraulic isolation material preserves well integrity. SPE-112715-MS. In: *IADC/SPE Drilling Conference. Society of Petroleum Engineers*.
11. Rodgers, J. D. (2006) Assessments of technologic project: land-based operations. Houston Draft 3, Version 2.
12. Brown, T.J., Idoine, N.E., Raycraft, E.R., et al. (2018). World mineral production 2012-2016. British Geological Society. *Keyworth, Nottingham: NERC*.
13. Mukhametshin, V. V. (2021). Improving the efficiency of managing the development of the West Siberian oil and gas province fields on the basis of differentiation and grouping. *Russian Geology and Geophysics*, 62(12), 1373–1384.
14. Galkin, V.I., Rastegaev, A.V., Kozlova, I.A., Krivoshchekov, S.N. (2014). Probability evaluation of a formation hydraulic fracturing based on mining-geological features (deposits of Kogalym region are taken as an example). *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, 7, 100-104.
15. Rogachev, M.K., Mukhametshin, V.V. (2018). Control and regulation of the hydrochloric acid treatment of the bottomhole zone based on field-geological data. *Journal of Mining Institute*, 231, 275-280.
16. Kanevskaya, R.D. (1999). Mathematical modeling of oil and gas field development using hydraulic fracturing. Moscow: *Nedra-Business Center*.
17. Arzhilovsky, A. V., Guseva, D. N. (2016). Comparison of the methods applied to analyze the residual resources recovery. *Oilfield Engineering*, 10, 14-19.
18. Grishchenko, V. A., Gareev, R. R., Tsiklis, I. M., et al. (2021). Expanding the amount of preferential royalty facilities with hard-to-recover oil reserves. *SOCAR Proceedings, Special Issue*, 2, 8-18.
19. Akhmetov, R. T., Malyarenko, A. M., Kuleshova, L. S., et al. (2021). Quantitative assessment of hydraulic tortuosity of oil and gas reservoirs in Western Siberia based on capillarimetric studies. *SOCAR Proceedings*, 2, 77-84.
20. Muslimov, R.Kh. (2005). Modern methods of oil recovery increasing: design, optimization and performance evaluation. *Kazan: FEN Publ*.
21. Mukhametshin, V. Sh., Zeigman, Yu. V., Andreev, A. V. (2017). Rapid assessment of deposit production capacity for determination of nanotechnologies application efficiency and necessity to stimulate their development. *Nanotechnologies in Construction*, 9(3), 20–34.
22. Economides, M., Oligney, R., Valkó, P. (2007). Unified fracture design. Bridging the gap between theory and practice. *Izhevsk: Institute of Computer Research*.
23. Grishchenko, V. A., Pozhitkova, S. S., Mukhametshin, V. Sh., Yakupov, R.F. (2021). Water cut forecast after down-hole pumping equipment optimization based on displacement characteristics. *SOCAR Proceedings, Special Issue*, 2, 143-151.
24. Veliyev, E.F. (2020). Mechanisms of polymer retention in porous media. *SOCAR Proceedings*, 3, 126-134.
25. Grishchenko, V. A., Tsiklis, I. M., Mukhametshin, V. Sh., Yakupov, R. F. (2021). Methodological approaches to increasing the flooding system efficiency at the later stage of reservoir development. *SOCAR Proceedings, SI2*, 161-171.
26. Grishchenko, V. A., Asylgareev, I. N., Bakhtizin, R. N., et al. (2021). Methodological approach to the resource base efficiency monitoring in oil fields development. *SOCAR Proceedings, SI2*, 229-237.
27. Gasumov, E.R., Gasumov, R.A. (2020). Innovative risk management for geological and technical (technological) measures at oil and gas fields. *SOCAR Proceedings*, 2, 8-16.

28. Grishchenko, V. A., Rabaev, R. U., Asylgareev, I. N., et al. (2021). Methodological approach to optimal geological and technological characteristics determining when planning hydraulic fracturing at multilayer facilities. *SOCAR Proceedings*, SI2, 182-191.
29. Suleimanov, B. A., Ismailov, F. S., Veliyev, E. F., Dyshin, O. A. (2013). The influence of light metal nanoparticles on the strength of polymer gels used in oil industry. *SOCAR Proceedings*, 2, 24-28.
30. Ibragimov, N. G., Musabirov, M. Kh., Yartiev, A. F. (2014). Effectiveness of well stimulation technologies package developed by Tatneft OAO. *Oil Industry*, 7, 44-47.
31. Khuzin, R. R., Bakhtizin, R. N., Andreev, V. E., et al. (2021). Oil recovery enhancement by reservoir hydraulic compression technique employment. *SOCAR Proceedings*, SI1, 98-108.
32. Veliyev, E. F. (2020). Review of modern in-situ fluid diversion technologies. *SOCAR Proceedings*, 2, 50-66.
33. Zeigman, Yu. V., Mukhametshin, V. Sh., Sergeev, V. V., Kinzybaev, F.S. (2017). Experimental study of viscosity properties of emulsion system with SiO₂ nanoparticles. *Nanotechnologies in Construction*, 9(2), 16-38.
34. Grishchenko, V. A., Pozdnyakova, T. V., Mukhamadiyev, B. M., et al. (2021). Improving the carbonate reservoirs development efficiency on the example of the tournaisian sage deposits. *SOCAR Proceedings*, SI2, 238-247.
35. Veliyev, E. F. (2021). Polymer dispersed system for in-situ fluid diversion. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 1(78), 61-72.
36. Fattakhov, I. G., Kuleshova, L. S., Sultanov, Sh. Kh., et al. (2021). Improving the waterproofing efficiency by using a plugging compound. *SOCAR Proceedings*, SI2, 192-200.
37. Khisamiev, T. R., Bashirov, I. R., Mukhametshin, V. Sh., et al. (2021). Results of the development system optimization and Increasing the efficiency of carbonate reserves extraction of the turney stage of the chetyrmansky deposit. *SOCAR Proceedings*, SI2, 131-142.
38. Khisamutdinov, N. I., Khasanov, M. M., Ibragimov, G. Z., et al. (1997). The influence of technogenic factors on the physico-hydrodynamic characteristics and technological processes of oil production. *Oilfield Engineering*, 12, 2-10.
39. Fattakhov, I. G., Kuleshova, L. S., Bakhtizin, R. N., et al. (2021). Complexing the hydraulic fracturing simulation results when hybrid acid-propant treatment performing and with the simultaneous hydraulic fracture initiation in separated intervals. *SOCAR Proceedings*, SI2, 103-111.
40. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016). The effect of particle size distribution and the nano-sized additives on the quality of annulus isolation in well cementing. *SOCAR Proceedings*, 4, 4-10.

Геомеханические аспекты совершенствования бурения скважин в сложных горнотехнических условиях

А.П. Чижов^{1,2}, В.В. Мухаметшин¹, В.Е. Андреев^{1,2}, Л.С. Кулешова¹,
А.В. Андреев¹, А.Р. Сафиуллина¹

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия;

²ГАНУ «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан»

Реферат

Проведенные исследования позволили усовершенствовать технологию бурения скважин в сложных горных условиях. Предлагаемый подход основан на системном подходе упрочнения стенок скважины и ее изоляции от флюидов пластовых систем вскрытых пород-коллекторов. Исследования охватывают неустойчивые и разуплотненные породы осадочного чехла восточного края Русской платформы и условия бурения в них скважин. Стволы наклонно-направленных скважин – с горизонтальным окончанием. Натурные испытания показали, что предлагаемые технико-технологические решения позволяют успешно решать поставленные научно-технические задачи. Предлагаемые решения рекомендуется протестировать в условиях месторождений других регионов России и за рубежом.

Ключевые слова: строительство скважин; геомеханика; устойчивость стенок; улучшение; системный подход; сложные горные условия.

Mürəkkəb dağ-mədən şəraitində quyu qazımalarının təkmilləşdirilməsinin geomexaniki aspektləri

A.P. Çijov^{1,2}, V.V. Muxametşin¹, V.E. Andreyev^{1,2}, L.S. Kuleşova¹,
A.V. Andreyev¹, A.R. Safiullina¹

¹Ufa Dövlət Neft Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya;

²«Başqırdıstan Respublikasının Strateji Tədqiqatlar İnstitutu» Dövlət Muxtar Elmi Müəssisəsi

Xülasə

Aparılmış tədqiqatlar mürəkkəb dağ şəraitində quyu qazılması texnologiyasının təkmilləşdirilməsinə imkan vermişdir. Təklif olunan yanaşma quyu divarlarının möhkəmləndirilməsi və onun açılmış kollektor süxurlarının lay sistemlərinin flüidlərindən izolyasiyası üçün sistemli yanaşmaya əsaslanır. Tədqiqatlar Rusiya Platformasının şərq hissəsinin çöküntü örtüyünün dayanıqsız və qeyri-möhkəm süxurlarını və onlarda quyuların qazılması şərtlərini əhatə edir. Məali-istiqamətli quyuların lülələrinin sonluqları horizontaldır. Natura sınaqları göstərmişdir ki, təklif olunan texniki və texnoloji həllər qarşıya qoyulan elmi-texniki məsələləri uğurla həll etməyə imkan verir. Təklif olunan həllərin Rusiyanın digər bölgələrinin və xarici ölkələrin yataq şəraitlərində sınaqdan keçirilməsi tövsiyə olunur.

Açar sözlər: quyu tikintisi; geomexanika; divarların dayanıqlığı; yaxşılaşdırma; sistemli yanaşma; mürəkkəb mədən şəraiti.