



ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГРП В МНОГОПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖАХ СО СПЛОШНОЙ ПЕРФОРАЦИЕЙ ЦЕЛЕВОГО ГОРИЗОНТА

М.Ш.Шакен

Атырауский филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», Атырау, Казахстан

Problems and Methods of Hydraulic Fracturing in Multilayered Oil Reservoirs with the Continuous Perforation

M.Sh.Shaken

Atyrau branch of «KMG Engineering» LLP, Atyrau, Kazakhstan

Abstract

One of the most common problems during hydraulic fracturing (HF) in the oil fields of Kazakhstan is a continuous perforation of all productive layers in the section of pay zone, which subsequently causes many risks of a different nature during fracking operations and difficulties in the development of oil reserves. Despite the historical reality, which is an actual problem, there are currently attempts to do fracturing in such difficult conditions. The main complicating factor is the formation of not one long fracture, but the development of several short fractures parallel to each other. This necessitates further development of technology in order to improve the efficiency of hydraulic fracturing.

Keywords:

Hydraulic fracturing;
Continuous perforation;
Complications during fracturing;
Production casing repair;
New approaches to planning the hydraulic fracturing.

© 2020 «OilGasScientificResearchProject» Institute. All rights reserved.

Казахстан является одной из основных нефтедобывающих стран мира. Добыча нефти в регионе началась ещё в конце XIX века, намного раньше, чем во многих странах, которые на сегодняшний день находятся в списке лидирующих в нефтедобыче. Несмотря на это, в конце прошлого века из-за разных политико-экономических ситуации в мире и в нашем регионе развитие в нефтедобывающей отрасли практически остановилось. Разработка месторождений велась с применением технологий, оставшихся ещё с советских времен.

Только в начале нового века, с улучшением состояния основных факторов, таких как стабильные политические условия и высокий спрос на нефтепродукты, способствовавший росту цен на нефть, - Казахстан, как и все нефтяные страны, начал сосредоточенно заниматься увеличением добычи нефти.

В последние десятилетия Казахстан начал интенсивно заниматься внедрением мирового опыта по увеличению добычи нефти на месторождениях. Уделяется особое внимание на интенсификацию добычи нефти [1-3], повышение нефтеотдачи пластов [4-6], разработку залежей с трудноизвлекаемыми запасами [7,8], внедрение и развитие применения новых технологий по воздействию не только на призабойную зону сква-

жины [9-11], но и на пласт в целом [12-15].

Одним из таких мероприятий является гидро-разрыв пласта (ГРП). ГРП сам по себе не является новой технологией, его история довольно глубокая, начинается с середины прошлого века. Но технология проведения ГРП постепенно развивается, и с каждым годом интерес к ней увеличивается, так как на сегодняшний день ГРП является эффективным способом интенсификации добычи нефти в пластах со средней и высокой проницаемостью и ключевой технологией вовлечения в разработку запасов нефти в залежах, характеризующихся плотной породой и низкой проницаемостью. В связи с этим компании в нефтяной сфере, будь то недропользователь или сервисная компания, уделяют особое внимание развитию данной технологии.

Сущность технологии заключается в закачке в пласт жидкости при давлениях выше давления разрыва горной породы. Оказание избыточного давления приводит к разрыву породы и образованию трещин. Для обеспечения сохранности трещин в открытом состоянии при снятии давления во время закачки в жидкость постепенно добавляется закрепляющий агент – проппант. Метод заключается в создании высокопроводимой трещины в целевом пласте для обеспечения притока пластового флюида к забою добывающих скважин или же для увеличения приёмистости нагнетательных скважин. Проппантный ГРП,

E-mail: Shaken.M@llpcmg.kz

<http://dx.doi.org/10.5510/OGP20200300447>

как правило, проводится в терригенных породах. Но в последнее время его также успешно проводят в карбонатных коллекторах.

Несмотря на большой опыт применения данной технологии за рубежом и на отечественном промысле, на практике встречаются разные проблемы при планировании и проведении ГРП, и не все мероприятия завершаются успешно.

Одна из часто встречаемых проблем при проведении ГРП на месторождениях Казахстана связана с ранее выполненной перфорационной операцией, при проведении которой не были учтены возможности рассмотрения данной скважины, как потенциального кандидата для проведения ГРП в будущем. В основном была выполнена сплошная перфорация по продуктивному горизонту. Примеры таких проблем продемонстрированы ниже на рисунке 1.

При выполнении ГРП на скважинах со сплошной перфорацией нефтенасыщенных интервалов при прилегающей на нее ГНК и ВНК создаваемая трещина прорвется в газонасыщенные или водонасыщенные толщины, вследствие чего увеличится обводненность или газовый фактор добываемой продукции, тем самым снизится эффективность мероприятия.

Схожая проблема встречается при проведении

ГРП на одном из месторождений западного региона Казахстана, где промышленная разработка месторождения ведется с 2003 г. Залежь нефти подкарнизная, пластовая, сводовая, экранированная поверхностью крутого склона соляного массива. На месторождении установлена нефтеносность верхнепермских отложений казанского яруса, в разрезе которых выделены 4 продуктивных пласта. Продуктивные пласты приурочены к верхнепермским красноцветным терригенным отложениям. Среди мощной толщи этих преимущественно глинистых пород выделяются песчано-алевритовые, песчаные, редко гравелисто-конгломератовые слои, являющиеся породами-коллекторами. Продуктивный разрез представлен чередованием аргиллитов, алевролитов, песчаников. Коллекторами являются песчаники и алевролиты. Коллектора, в основном, порового типа. Ёмкостью их служат межзерновые поры. Важной особенностью пород-коллекторов является их анизотропность, обусловленная слоистой текстурой. Продуктивные пласты в целом представляют собой чередование проницаемых и непроницаемых прослоев с довольно сложной их взаимосвязью по площади и резким изменением толщин, вплоть до полного замещения коллекторов непроницаемыми

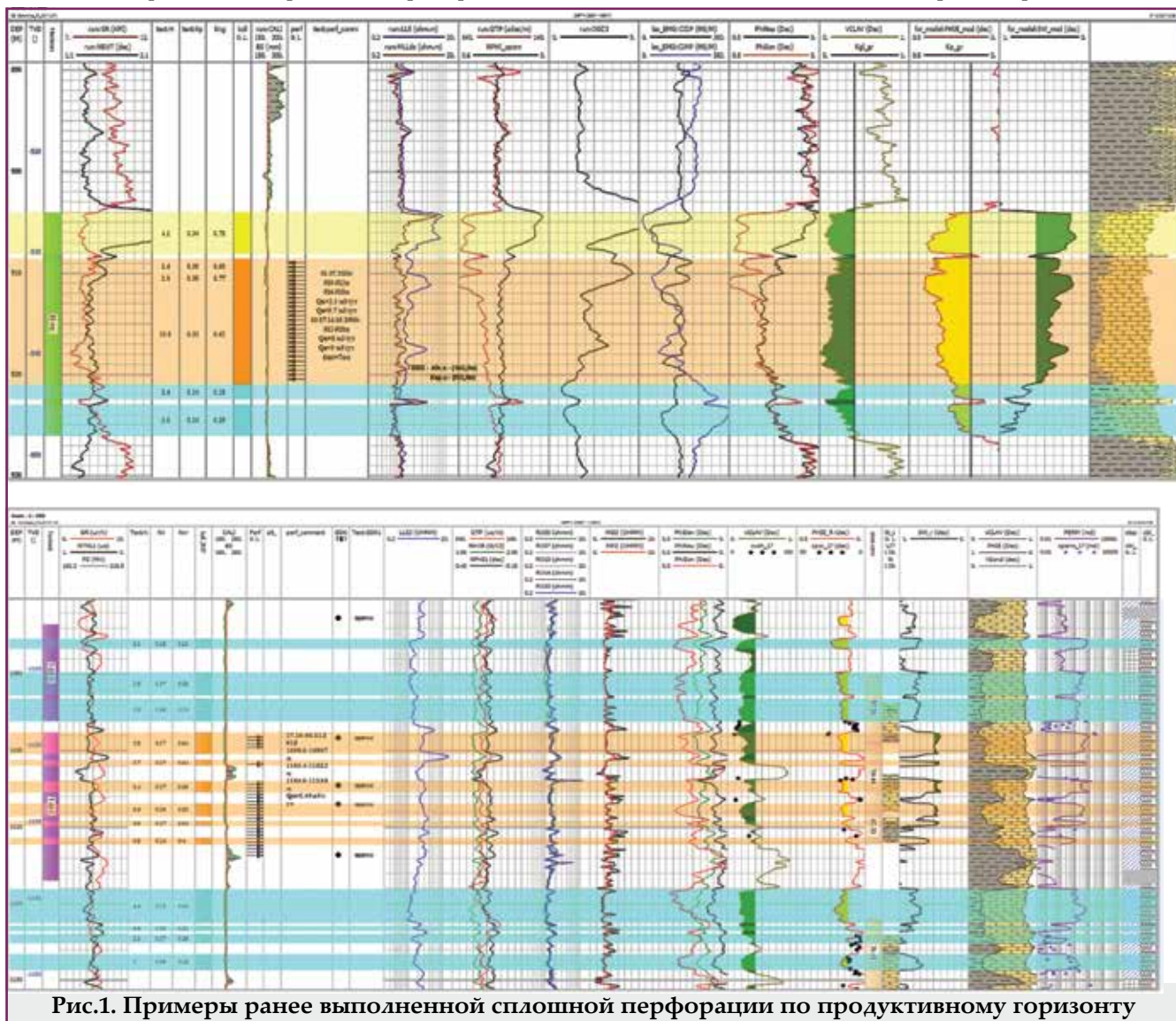


Рис.1. Примеры ранее выполненной сплошной перфорации по продуктивному горизонту

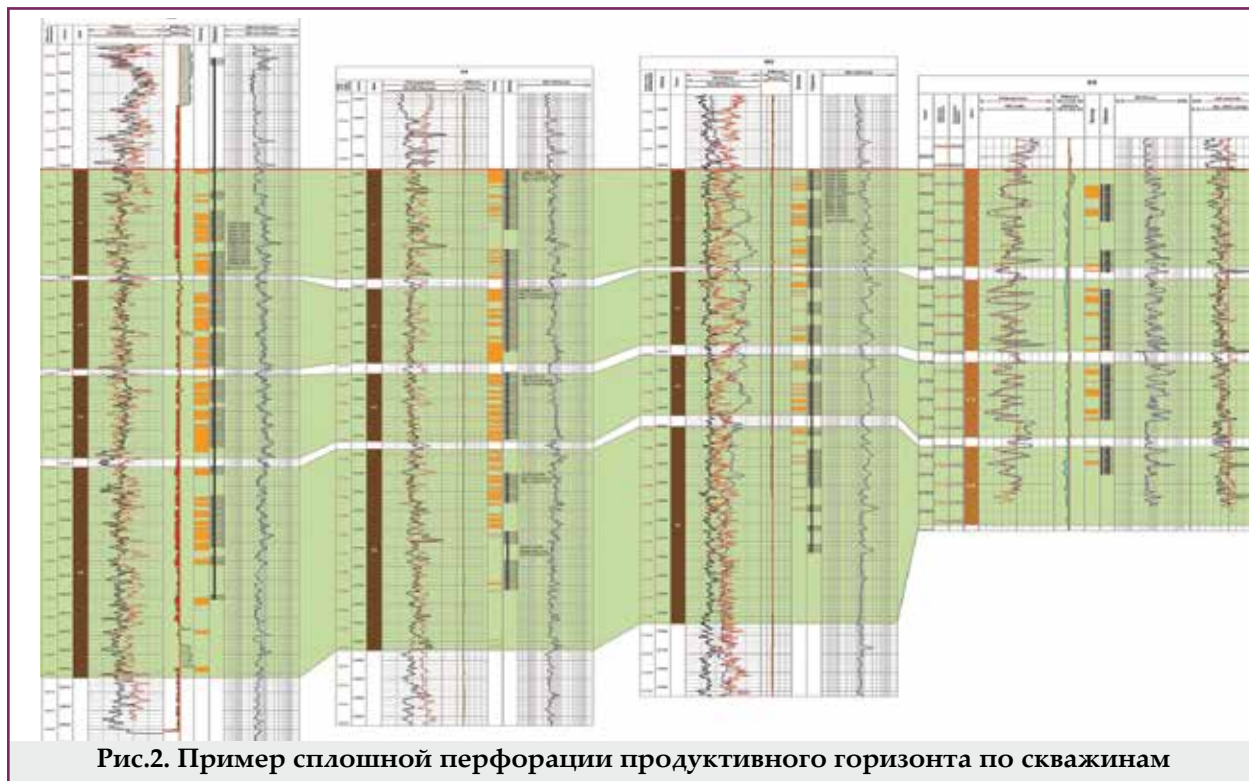


Рис.2. Пример сплошной перфорации продуктивного горизонта по скважинам

разностями глинистых пород.

По промыслово-геофизическим исследованиям эффективная пористость коллекторов составляет в среднем 0.16 доли ед., коэффициент нефтенасыщенности в среднем равен 0.59 доли ед. По данным гидродинамических исследований проницаемость составляет в среднем 12 мД.

В целом, нефть месторождения является легкой, малосернистой, смолистой и парафинистой. По результатам анализа данных плотность пластовой нефти принимается равной значению 755.7 кг/м³. Вязкость пластовой нефти в среднем составляет 1.11 мПа·с. Газосодержание при однократном разгазировании в среднем составляет 127.8 м³/т. Величина объемного коэффициента в среднем принимает значение 1.282. Содержание серы, парафина и смол силикагелевых в нефти в среднем составляет 0.15 мас.%, 2.77 мас.% и 13.1 мас.%, соответственно.

Основными выделяющимися характеристиками разрабатываемого объекта являются выдержанная массивная нефтяная залежь, с продуктивной толщиной до 250 м на глубине 2500 – 2900 м и безводная добыча нефти.

После завершения буровых работ, для максимального увеличения добычи нефти, скважины введены в эксплуатацию в основном со сплошной перфорацией продуктивного горизонта, пример которого продемонстрирован на рисунке 2.

Пару лет назад на месторождении с целью интенсификации добычи нефти начались работы по проведению ГРП на добывающих скважинах. Ниже приводятся примеры из анализа эффективности проведенных мероприятий по ГРП.

В скважинах, где продуктивная толща была полностью перфорирована, технология ГРП проводилась по классической схеме, целевое направление было сделано на верхние пласты. Для уве-

личения эффективности планируемого мероприятия по ГРП предусматривалась изоляция нижних открытых интервалов отсыпкой пропанта. Даже при этом, общая толщина вовлеченного интервала в ГРП составляла 130 м и 81 м эффективной нефтенасыщенной толщины при объеме закаченного пропанта 100 т.

На рисунке 3 продемонстрирован анализ полученной геометрии трещины. По результатам анализа эффективности, проведенного ГРП, выявлены две зоны с не проводимыми трещинами из-за недостаточности минимальной ширины (зоны 1 и 4), одна зона (зона 3) с низкой эффективностью из-за созданной длины. Только зоны 2 и 5 являются эффективными по полученной ширине и длине. Тем не менее, безразмерная проводимость трещин (F_{cd}) на этих зонах является ниже оптимальной, которая по мировому опыту считается выше 1.6.

Основными проблемами при выполнении ГРП на данной скважине были потери жидкости разрыва и пропанта на создание неэффективных маленьких трещин. Дополнительная потеря жидкости разрыва на создание неэффективных трещин увеличивает риск получения преждевременной остановки работы, так называемого «СТОП», следствием чего недокачка планируемого объема пропанта. Потеря объема расклинивающего агента на создание непроницаемых или не эффективных трещин приведет к дополнительным затратам и снизит общую эффективность мероприятия.

Несмотря на частичную успешность проведенного мероприятия, данная операция не была оптимальной с точки зрения получения максимального эффекта от технологии проведения ГРП, как и со стороны рациональной разработки запасов нефти ниже залегающих горизонтов, не вовлечённые или частично не вовлечённые в

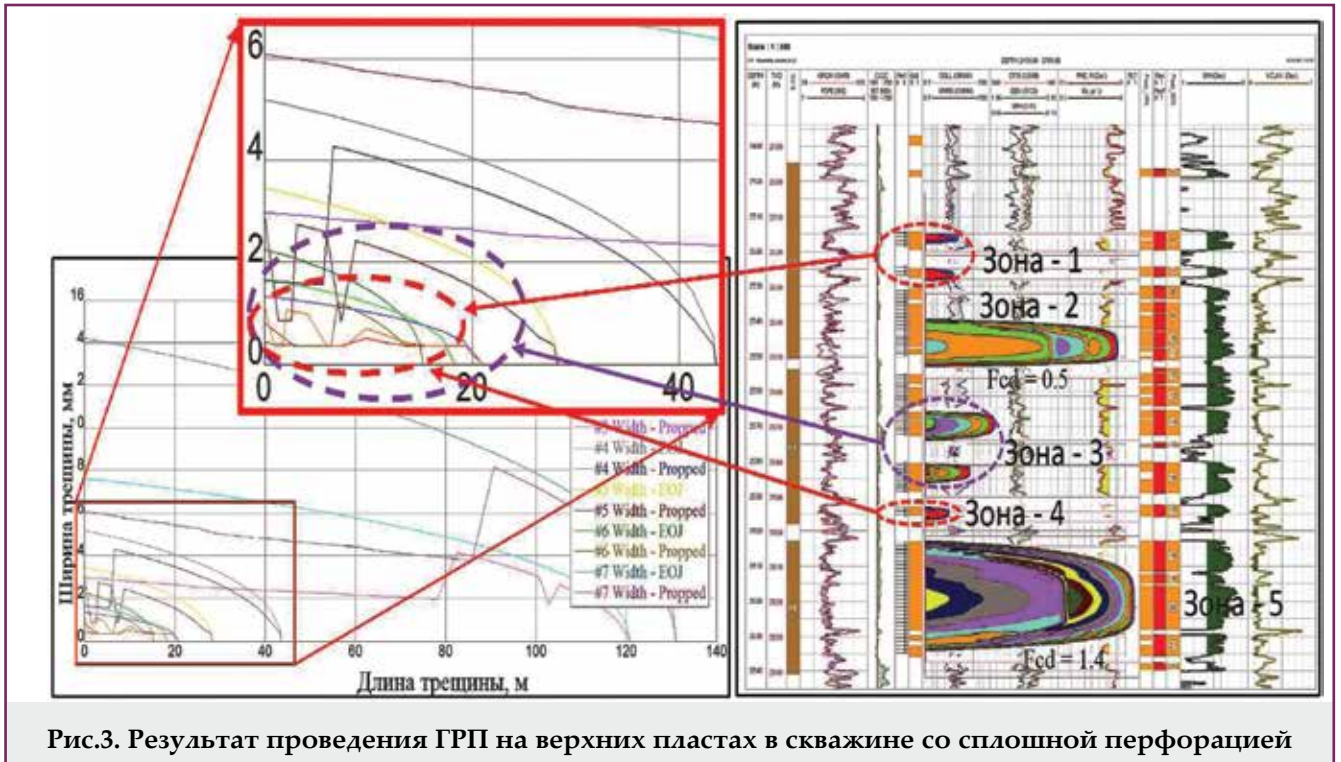


Рис.3. Результат проведения ГРП на верхних пластах в скважине со сплошной перфорацией

разработку. Проблемы по возврату разработки на нижние интервалы и проведения ГРП на них остаются нерешенными.

Учитывая вышеизложенные факторы, в последующие годы планировалось проведение ГРП на нижние пласты, отсекая верхние открытые интервалы с помощью пакера. Ниже приводится пример, где проводился ГРП на нижних пластах.

В скважину планировалось закачать 80 т пропанта на нижние пласты, где общая толщина составляет 60 м при 25.7 м эффективной толщины. В процессе закачки несколько раз наблюдался рост давления на устье, характерное закупориванию создаваемой трещины, после которого последовали снижения давления обработки, объяснением чего могут послужить включение к

процессу ГРП новых интервалов при повышении давлений (рис. 4). Процесс закачки продолжался только с помощью этих новых трещин. Тем не менее избежать СТОПа не удалось. На стадии закачки пропанта с концентрацией 750 кг/м³ на устье, произошло автоматическое отключение насосов из-за резкого роста давления.

Предполагается, что резкий рост давления был вызван геологическими причинами, такими как образование новых трещин или возможными прорывами в близлежащие пропластки, с последующими неконтролируемыми потерями жидкости, вызвавшими изменение геометрии трещины, и в конечном счете, преждевременную закупорку трещин.

По результатам работы в пласт закачено 33

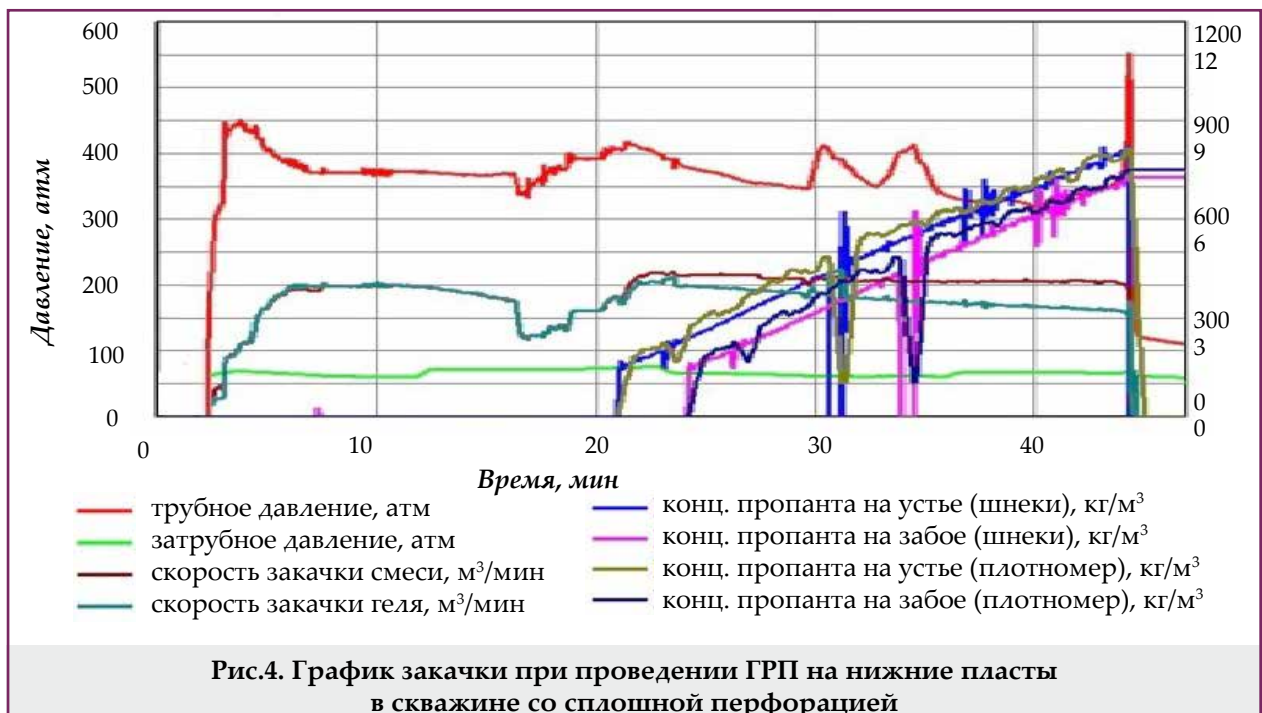


Рис.4. График закачки при проведении ГРП на нижние пласты в скважине со сплошной перфорацией

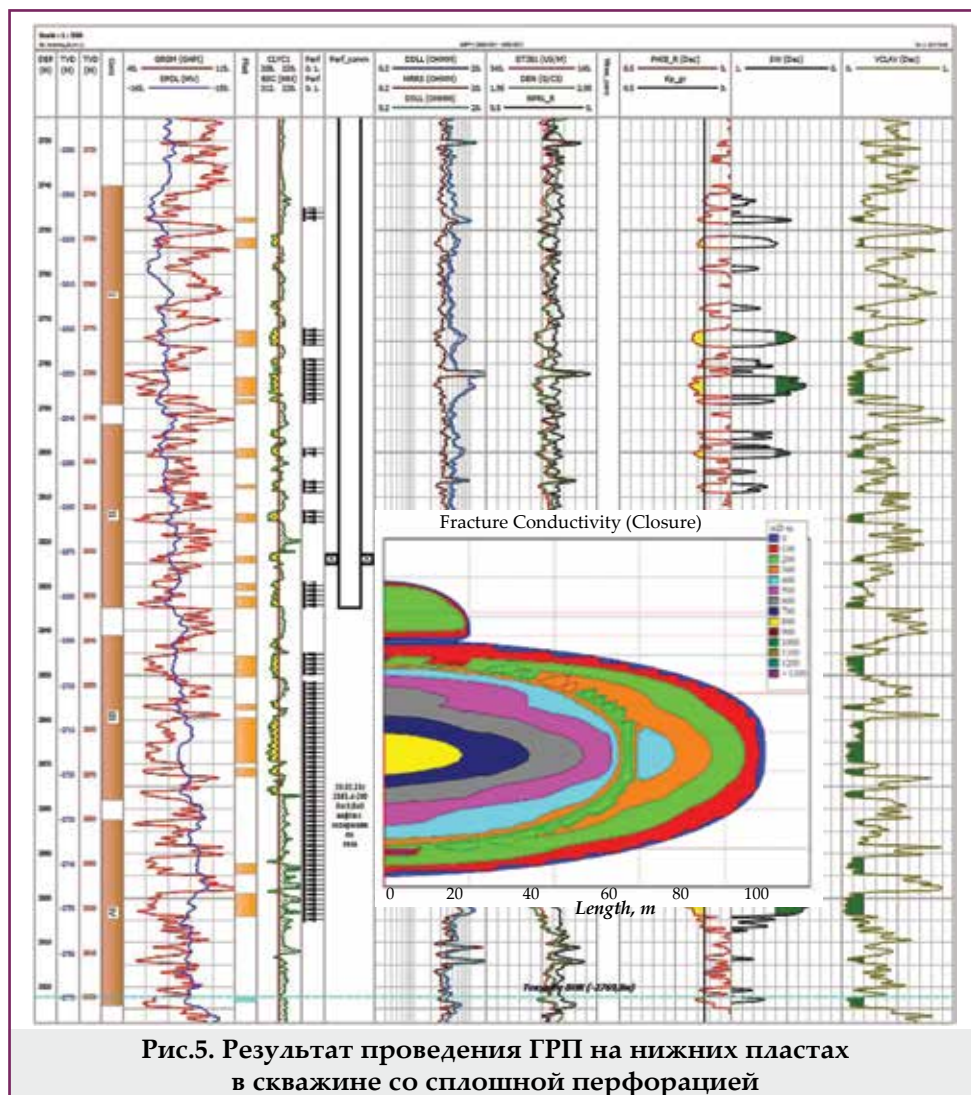


Рис.5. Результат проведения ГРП на нижних пластах в скважине со сплошной перфорацией

тонн пропанта вместо запланированных 80 тонн. Анализ эффективности проведенных мероприятий показывает, что перфорированные пропластки не срабатывают одновременно, и приводят к утечке жидкости разрыва, в следствие чего повышается риск закупорки трещин в связи с недостаточностью объема жидкости буфера для размещения планируемого пропанта. Также в случае развития трещин в открытых интервалах перфорации над пакером, по высоте, существует высокий риск прихвата подземного оборудования из-за выноса пропанта в затрубное пространство (рис.5).

Анализ проведенных ГРП на месторождении показал инициацию трещин низкой эффективности, порой даже не проводимых, в неизолированных интервалах горизонта, что способствует дополнительной потере энергии, жидкости и пропанта.

Низкая эффективность проведения ГРП в многопластовых горизонтах со сплошной перфорацией продуктивного горизонта заключается в образовании не одной длинной трещины, а развитием параллельных друг другу коротких трещин (рис.6).

Проблемы при выполнении ГРП на данном месторождении:

- Большая продуктивная толщина;
- Сплошная перфорация продуктивного горизонта;

- Трудности изоляции открытых интервалов;
- Качество цементного кольца подвергнутого сплошной перфорации;
- Сложность регулирования направления развития трещины.

Несмотря на успешность проведенных ГРП на рассматриваемом месторождении, анализ проведенных мероприятий показал необходимость дальнейшего развития технологии с целью повышения эффективности ГРП.

Учитывая вышеизложенные факторы влияющие на повышение эффективности мероприятий рекомендуется предусмотреть замены эксплуатационной колонны в пределах продуктивного горизонта (200 - 250 м) на новую колонну. Сущность технологии заключается в разбурировании (фрезеровании) старых эксплуатационных колонн вместе с заколонным цементом в пределах продуктивного горизонта с помощью расширителя ствола скважин (РСС). После чего в скважину спускается новая колонна в виде хвостовика с закреплением на забое с помощью цементирования.

РСС предназначены для увеличения диаметра ствола скважины. РСС используются в основном при бурении по уже пробуренному пилотному стволу, в частности для установки профильных перекрывателей для изоляции зоны поглощения

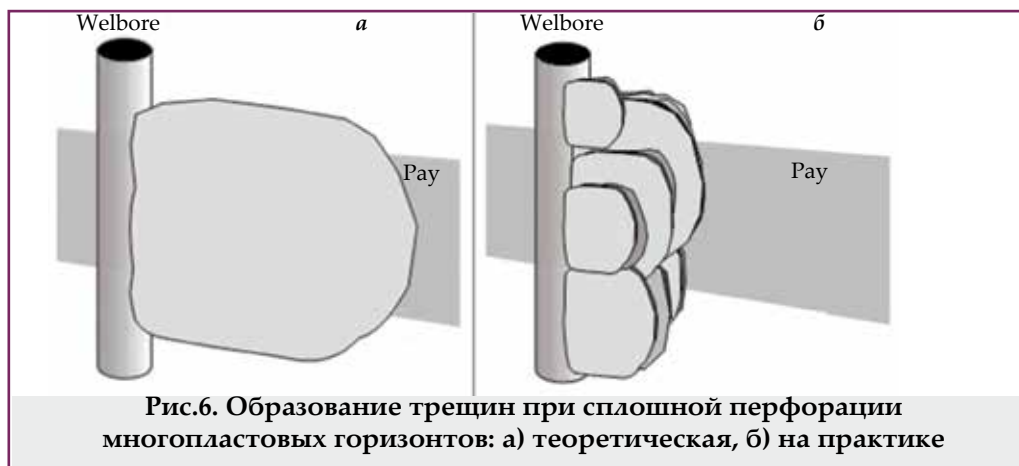


Рис.6. Образование трещин при сплошной перфорации многопластовых горизонтов: а) теоретическая, б) на практике

бурового раствора. РСС могут изготавливаться с различными вооружениями в зависимости от горных пород и имеют различные названия от разного производителя. Конструкция расширителей также имеет большую разновидность из-за высокой области применения: с приварными шарошками, со съемными шарошками и др.

Процесс мероприятия проходит следующим образом: в скважину спускается РСС соответствующего типоразмера, производится вырезание эксплуатационной колонны скважины вместе с цементом в заданном интервале, вырезающее устройство из скважины извлекается. Производится промывка забоя. В скважину до забоя спускается комплект технологических колонн обсадной трубой меньшего диаметра, после чего производится заливка цементного раствора в интервале от забоя и до подошвы продуктивного пласта.

Ожидается время, необходимое для затвердевания цемента, потом спускается винтовой забойный двигатель с долотом, и производится проработка эксплуатационной колонны от цементной корки и проводится промывка скважин. После данных мероприятий скважина готова к проведению новых целенаправленных перфорационных операций.

На рисунке 7 продемонстрирована иллюстрация технологии по замене эксплуатационной колонны на новую с помощью врезających устройств.

Преимущества внедрения технологии:

- Совершенно новая колонна с новой обсадкой;
- Новое цементное кольцо;
- Сравнительно небольшое уменьшение диаметра ствола колонны;
- Возможность начать разработку с нижних пластов с целью регулирования выработки запасов;
- Возможность регулирования развития трещины при ГРП.

Рекомендуемая технология применима для устранения проблемы со сплошной перфорацией продуктивного горизонта, с целью проведения направленного ГРП, так как на сегодняшний день ГРП является эффективным способом интенсификации добычи нефти на данном месторождении.

Важно отметить, что рассмотренные проблемы являются значимыми не только лишь для выполнения ГРП, они также являются осложняющим и ключевым фактором с точки зрения разработки и выработки запасов нефти с нижележащих продуктивных горизонтов. Представленная в данной статье технология имеет потенциал по решению вопросов целенаправленного проведения ГРП и рациональной разработки залежей.



Рис.7. Иллюстрация замены эксплуатационной колонны в пределах продуктивного горизонта с помощью РСС и установкой хвостовика

Литература

1. Сулейманов, Б. А., Исмаилов, Ф. С., Велиев, Э. Ф. (2014). О влиянии наночастиц металла на прочность полимерных гелей на основе КМЦ, применяемых при добыче нефти. *Нефтяное хозяйство*, 1, 86-88.
2. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., Dyshin, O.A., Veliyev, E.F. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and Bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
3. Suleimanov, B.A., Guseynova, N.I., Veliyev, E.F. (2017, October). Control of displacement front uniformity by fractal dimensions. SPE-187784-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
4. Veliyev, E.F., Aliyev, A.A., Guliyev, V.V., Naghiyeva, N.V. (2019, October). Water shutoff using crosslinked polymer gels. SPE-198351-MS. In *SPE Annual Caspian Technical Conference. Society of Petroleum Engineers*.
5. Suleimanov, B.A., Dyshin, O.A., Veliyev, E.F. (2016, October). Compressive strength of polymer nanogels used for enhanced oil recovery EOR. SPE-181960-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Azizagha, A. A. (2020). Colloidal dispersion nanogels for in-situ fluid diversion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 193, 107411.
7. Велиев, Э.Ф. (2020). Обзор современных методов увеличения нефтеотдачи пласта с применением потокотклоняющих технологий. *SOCAR Proceedings* 2, 50-66.
8. Сулейманов, Б. А. (1995). О фильтрации дисперсных систем в неоднородной пористой среде. *Коллоидный журнал*, 57(5), 743-746.
9. 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.
10. Сулейманов, Б. А. (2011). Промывка песчаной пробки газированными жидкостями. *SOCAR Proceedings*, (1), 30-36.
11. Панахов, Г. М., Сулейманов, Б. А. (1995). Особенности течения суспензий и нефтяных дисперсных систем. *Коллоидный журнал*, 57(3), 386-390.
12. Suleimanov, B. A., Latifov, Y. A., Veliyev, E. F., Frampton, H. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
13. Suleimanov, B. A., Ismayilov, F. S., Dyshin, O. A., & Veliyev, E. F. (2016). Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. *Petroleum Science and Technology*, 34(10), 961-970.
14. Сулейманов, Б. А., Ляtifов, Я. А., Ф.Велиев, Э. Ф. (2019). Применение умягченной воды для повышения нефтеотдачи пласта. *SOCAR Proceedings*. 1, 19-28.
15. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016, November). Nanogels for deep reservoir conformance control. SPE-182534-RU. In *SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
16. Отчеты выполненных ГПП (Frac Report) сервисных компаний.
17. Economides, M., Oligney, R., Valkó, P. (2002). Unified fracture design. *Alvin, Texas: Orsa Press*.
18. www.snkoil.com. «Технологии и услуги при ликвидации заколонной циркуляции» НИЦ ООО «СНК».

References

1. Suleimanov, B. A., Ismaylov, F. S., Veliyev, E.F. (2014). On the metal nanoparticles effect on the strength of polymer gels based on carboxymethylcellulose, applying at oil recovery. *Oil Industry*, 1, 86-88.
2. Suleimanov, B.A., Ismailov, F.S., Dyshin, O.A., Veliyev, E.F. (2016, October). Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and Bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
3. Suleimanov, B.A., Guseynova, N.I., Veliyev, E.F. (2017, October). Control of displacement front uniformity by fractal dimensions. SPE-187784-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference. Society of Petroleum Engineers*.
4. Veliyev, E.F., Aliyev, A.A., Guliyev, V.V., Naghiyeva, N.V. (2019, October). Water shutoff using crosslinked polymer gels. SPE-198351-MS. In *SPE Annual Caspian Technical Conference. Society of Petroleum Engineers*.
5. Suleimanov, B.A., Dyshin, O.A., Veliyev, E.F. (2016, October). Compressive strength of polymer nanogels used for enhanced oil recovery EOR. SPE-181960-MS. In *SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
6. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Azizagha, A. A. (2020). Colloidal dispersion nanogels for in-situ fluid diversion. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 193, 107411.
7. Veliyev, E. F. (2020) Review of modern in-situ fluid diversion technologies. *SOCAR Proceedings* 2, 50-66.
8. Suleimanov, B.A. (1995). Filtration of disperse systems in a nonhomogeneous porous medium. *Colloid Journal*, 57(5), 704-707.
9. 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.
10. Suleimanov, B. A. (2011). Sand plug washing with gassy fluids. *SOCAR Proceedings*, (1), 30-36.
11. Panakhov, G. M., Suleimanov, B. A. (1995). Specific features of the flow of suspensions and oil disperse systems. *Colloid Journal*, 57(3), 359-363.
12. Suleimanov, B. A., Latifov, Y. A., Veliyev, E. F., Frampton, H. (2018). Comparative analysis of the EOR mechanisms by using low salinity and low hardness alkaline water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 35-43.
13. Suleimanov, B. A., Ismayilov, F. S., Dyshin, O. A., & Veliyev, E. F. (2016). Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. *Petroleum Science and Technology*, 34(10), 961-970.
14. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F., Latifov, Y. A. (2019). Softened water application for enhanced oil recovery. *SOCAR Proceedings*, 1, 19-28.
15. Suleimanov, B. A., Veliyev, E. F. (2016, November). Nanogels for deep reservoir conformance control. SPE-182534-RU. In *SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition. Society of Petroleum Engineers*.
16. Отчеты выполненных ГПП (Frac Report) сервисных компаний.
17. Economides, M., Oligney, R., Valkó, P. (2002). Unified fracture design. *Alvin, Texas: Orsa Press*.
18. www.snkoil.com. «Технологии и услуги при ликвидации заколонной циркуляции» НИЦ ООО «СНК».

Проблемы и пути решения проведения ГРП в многопластовых залежах со сплошной перфорацией целевого горизонта

М.Ш.Шакен

Атырауский филиал ТОО «КМГ Инжиниринг», Атырау, Казахстан

Реферат

Одной из часто встречаемых проблем, при проведении ГРП на месторождениях Казахстана, является сплошная перфорация всех продуктивных пластов в разрезе одного объекта, что в последствии вызывает множество рисков различного характера при проведении ГРП и сложности выработки запасов нефти. Несмотря на историческую данность, которая является фактической проблемой, в настоящее время применяются попытки проведения ГРП в таких усложненных условиях. Основной проблемой является образование не одной длинной трещины, а развития параллельных друг другу коротких трещин. Это обуславливает необходимость дальнейшего развития технологии с целью повышения эффективности ГРП.

Ключевые слова: гидроразрыв пласта; сплошная перфорация; осложнения при ГРП; ремонт эксплуатационной колонны; новые подходы планирование ГРП.

Hədəf horizontu tam perforasiya olunmuş çoxlaylı yataqlarda LHY-nın aparılması ilə bağlı problemlər və onların həlli yolları

M.Ş.Şaken

«KMG İnjiniring» MMC-nin Atırau filialı, Atırau, Qazaxıstan

Xülasə

Qazaxıstan yataqlarında layın hidravlik yarılməsi (LHY) işləri aparılarkən ən çox rastlaşılan problemlərdən biri bütün məhsuldar layların bir obyekt kəsiyində tam perforasiyasıdır ki, bu da LHY aparılması zamanı müxtəlif xarakterli risklərin ortaya çıxmasına və neft ehtiyatlarının hasilatında mürəkkəbləşmələrə səbəb olur. Tarixi gerçəklik olan bu faktiki problemə baxmayaraq, hal-hazırda da belə mürəkkəb şəraitdə LHY aparılması cəhdləri tətbiq edilir. Əsas problem uzun bir çatın deyil, bir-biri ilə paralel qısa çatların yaranmasından ibarətdir. Bu, LHY-nın effektivliyini artırmaq məqsədilə texnologiyanın daha da inkişaf etdirilməsini tələb edir.

Açar sözlər: layın hidravlik yarılməsi; tam perforasiya; LHY-da mürəkkəbləşmələr; istismar kəmərinin təmiri; LHY-nın planlaşdırılmasına yeni yanaşmalar.