

УДК 622.234.573

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОВЕДЕНИИ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА НА ЧИНАРЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Ахметжан Самал Закиевна, кандидат технических наук, асс.профессор, зав. кафедрой «Техники и технологии» Западно-Казакстанского инновационно-технологического университета

Купешова Алтынай Сакипкереевна, старший преподаватель Высшей школы нефти, газа и химической инженерии Западно-Казакстанского аграрно-технического университета им. Жангир хана

Мухамбеткалиева Айнаш Нурболатовна, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры «Техники и технологии» Западно-Казакстанского инновационно-технологического университета

Губайдуллин Кумискали Жубанышович, старший преподаватель кафедры «Техники и технологии» Западно-Казакстанского инновационно-технологического университета

### Аннотация

*От состояния призабойной зоны скважины существенно зависит текущая и суммарная добыча нефти, дебиты добывающих скважин. В статье проанализировано применение гидроразрыва пласта, как один из эффективных методов повышения производительности скважинной системы и рассмотрена технология многостадийного ГРП с использованием расширяющихся набухающих пакеров и специальных скользящих муфт.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Чинарево, добыча нефти, гидравлический разрыв пласта, давление разрыва, многозональное ГРП, скважина, трещина.

## NEW TECHNOLOGIES IN CONDUCTING MULTI-STAGE HYDRAULIC FRACTURING AT THE CHINAREVSKOYE FIELD

Akhmetzhan Samal Zakievna, candidate of technical sciences, associate professor, head. Department of "Engineering and Technology" West Kazakhstan Innovation and Technological University

Kupeshova Altnai Sakipkereeovna, senior lecturer of the Higher School of Oil, Gas and Chemical Engineering, West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan

Mukhambetkaliyeva Ainash Nurbolatovna, master of technical sciences, senior lecturer of the Department of "Techniques and technologies", West Kazakhstan Innovation and Technological University

Gubaidullin Kumiskali Zhubanishovich, Senior Lecturer of the Department of "Techniques and Technologies", West Kazakhstan Innovation and Technological University

### Abstract

*Current and total oil production, production rates of producing wells significantly depend on the state of the bottomhole zone of the well. The article analyzes the use of hydraulic fracturing as one of the effective methods for increasing the productivity of the well system and considers the technology of multistage hydraulic fracturing using expanding swellable packers and special sliding sleeves.*

**KEYWORDS:** Chinarevo, oil production, hydraulic fracturing, fracturing pressure, multi-zone hydraulic fracturing, well, fracture.

От состояния призабойной зоны скважины существенно зависит текущая и суммарная добыча нефти, дебиты добывающих скважин и приемистость нагнетательных

скважин. Поэтому в процессе вскрытия пласта, при бурении и последующих работах по креплению скважины, оборудованию ее забоя и т.д. очень важно не ухудшить, а сохранить естественную проницаемость пород. Общеизвестно, что одним из высокоэффективных методов является гидравлический разрыв пласта.

Существуют два фундаментальных и критических свойства нетрадиционных коллекторов – низкая проницаемость и чрезвычайно малые размеры пор по сравнению с традиционными коллекторами. Очень низкая проницаемость значительно затрудняет фильтрацию углеводородов внутри пластов. Это означает, что углеводороды можно извлечь только за счет этого – гидроразрыв пласта [1].

Яраканова Д.Г. в своей статье рассматривает многостадийный гидроразрыв пласта в одном стволе горизонтальной скважины и его эффективность. Последовательное проведение гидроразрывов пласта в одном стволе скважины позволяет значительно увеличить площадь выработки разрабатываемого пласта, повысить дебит скважины. Есть возможность вовлечь в разработку запасы, относящиеся к категории трудно извлекаемых в отложениях с низкой проницаемостью [2].

Результаты проведения ГРП показывают, что увеличение длины трещины не приводит к неограниченному росту дебита скважины, что подтверждает существование предельной длины трещины. Чем больше различаются проницаемости пласта и трещины, тем выше это предельное значение, т.е. в менее проницаемых пластах эффективны более длинные трещины.

Основные особенности проведения многостадийного гидравлического разрыва пласта на горизонтальных скважинах, также рассматривают в статье ученые вместе с А.Н. Шороховым, они отмечают, что широкое распространение на территории Западной Сибири получила технология МГРП с использованием разобщающих набухающих пакеров и специальных циркуляционных муфт. Суть операции по МГРП в данном случае заключается в том, что в начальный момент спущенный хвостовик герметичен и нет сообщения внутрискважинного пространства с за колонным.

Снижение продуктивности скважин в процессе разработки газоконденсатных месторождений связано с проявлением различных геолого- промысловых факторов.

Основными из них являются:

- изменение состояния призабойных зон этих скважин (ПЗС), а именно, ухудшение фильтрационно-емкостных свойств коллектора из-за ухудшения технического состояния ствола скважин;

- осложнения в эксплуатации скважин из-за ухудшения технического состояния ствола скважин:

- накопление жидкости в стволе скважины вследствие изменения фазового состояния углеводородной смеси или прорыва в скважине воды.

Преимущества гидроразрыва на Чинаревском месторождений в отличие от предыдущих операций по закачке в пласт скважинных флюидов (2006-2008 гг.) в открытом и обсаженном перфорированном стволе, несмотря на успешное повышение общей добычи нефти при низком ГФ, показали значительный разброс между прогнозируемыми и фактическими значениями проницаемости пласта и/или геометрии разрывов (по оценке анализов после проведения гидроразрывов) [3].

Эти результаты дали дополнительное обоснование для необходимости проектирования и выполнения кислотных гидроразрывов более эффективно в точно выбранном требуемом интервале коллектора.

Таким образом, данный анализ показал малую эффективность от применения ППД, следовательно, необходимо предложить более приемлемое решение для повышения эффективности добычи нефти на Чинаревском месторождении. Для увеличения дебитов скважин на маломощных пластах Чинаревского месторождения с малой мощностью необходимо применять методы повышения выработки запасов, одним из которых является ГРП.

Основными объектами применения ГРП являлись залежи с низко проницаемыми коллекторами. В первую очередь ГРП проводили на малоэффективном фонде скважин: в 2009 году после исследования по гидроразрывам, в вертикальной скважине 9811 с очень низкими петрофизическими свойствами была проведен многоэтапный гидроразрыв.

Были успешно проведены обработки, что привело к тому, что во время очистки и испытания коэффициент продуктивности скважины составил  $57 \text{ ст.м}^3$  (сутки/бар) – что помещает эту скважину в верхний квартиль добывающих скважин Объекта III.

В настоящее время рассматривается программа гидроразрывов, определяющая максимум пять выборочных кислотных гидроразрывов в обсаженном и цементированном стволе в Объекте 3 с временным разобщением пластов [4].

На скв. 322 в ноябре 2017 г. были проведены работы по ГРП после бурения бокового ствола. На скв. 303 в декабре 2017 г. ГРП проведен в связи с переводом на газоконденсатный объект. В этих случаях эффективность операции не рассчитывается, потому-что нет данных для сравнения.

При осуществлении ГРП необходимо достижение следующих целей:

- увеличение добычи из пласта
- изменения темпов падения добычи
- восстановления добычи из пласта
- увеличения дебита скважины
- оптимизация работы скважины

Экономически обоснованное увеличение добычи из низкопроницаемых пластов зачастую требует проведения ГРП с применением проппанта. В таком случае контраст проницаемостей, создаваемый упакованной трещиной, обеспечивает более эффективную систему дренирования, чем при проведении кислотной обработки или любого другого вида воздействия на пласт.

### **Сущность многостадийного ГРП**

На данный момент многочисленные месторождения пребывают на поздних стадиях разработки, что сопровождается непрерывным уменьшением темпов добычи нефти так и добывающего фонда скважин. В связи с этим на многопластовых месторождениях становится более актуальным внедрить в разработку трудноизвлекаемых углеводородов путем выполнения геологотехнических мероприятий (ГТМ). Классические способы не дают возможность комплексно, а также эффективно решить задачу разработки трудноизвлекаемых УВ.

По этой причине было предложено найти решение на возникшую проблему путем повышения зоны дренирования одной скважины за счет проведения многостадийного гидравлического разрыва пласта (МГРП) в горизонтальной скважине.

Технология проведения МГРП учитывает спуск в скважину специальной компоновки (хвостовика), разобщающей горизонтальный ствол скважины на отдельные участки, на которых поочередно производится гидравлический разрыв пласта (ГРП) [5].

На сегодняшний день технология ГРП имеет широкое распространение с использованием разобщающих набухающих пакеров и специальных циркуляционных муфт.

Суть процедуры по МГРП в этом случае состоит в том, что в первоначальный период спущенный хвостовик герметичен и отсутствует сообщения внутрискважинного пространства с за колонным. При проведении мероприятия ГРП в поток жидкости на стадии продавки направляются шары разного диаметра, начиная с самого малого, которые захватываются специальными седлами, приобращенными к циркуляционным муфтам. Каждый сброшенный шар, влияя на седло, дает возможность изолировать предыдущий интервал и

открыть циркуляционную муфту, чем достигается контакт с пластом с целью проведения следующей стадии МГРП. Последовательность стадий устанавливается от забоя скважины.

Основными руководящими параметрами при выборе промежутков установки пакеров и расположения циркуляционных муфт является:

- отсутствие увеличения радиуса скважины по данным кавернометрии в интервалах установки набухающих пакеров;
- равномерное распределение циркуляционных муфт по горизонтальному стволу для эффективного вовлечения в разработку всей зоны дренирования, охваченной данной скважиной, и исключение интерференционного эффекта.

Процесс подготовки, проведения и освоения скважины после МГРП имеет целый ряд важных отличительных черт в отличие от процедур, предусмотренных при осуществлении обычной операции по ГРП.

Как показывает анализ, маломощные, узкие продуктивные пласты Чинаревского месторождения, расположенные на большой глубине и имеющие низкую проницаемость необходимо разрабатывать с применением многостадийного ГРП, в отличии от обычного ГРП.

Успешное проведение ГРП требует хорошей координации и тесного сотрудничества специалистов добывающей и сервисной компаний. Для успешного проведения ГРП должны быть реализованы следующие мероприятия:

- Выбор кандидатов для ГРП.
- Обзор всей имеющейся информации о скважине и ее истории.
- Предварительный дизайн ГРП с использованием данных о скважине и рабочей жидкости. За это время может быть проанализировано несколько вариантов.
- Обзор входных данных для дизайна ГРП.
- Завершение дизайна ГРП, разработка плана работ с учетом требований безопасности, касающихся как рабочего персонала, так и оборудования.
- Быстрая доставка и монтаж оборудования сервисной компании на место проведения полевых работ.
- Подготовка рабочей жидкости с использованием процедур контроля качества и лучших материалов, доступных на сегодняшний день.
- Проведение собрания по технике безопасности и опрессовка оборудования.

Нагнетательный тест и основной ГРП должны быть проведены профессионально при тесном взаимодействии представителей добывающей и сервисной компаний.

- Данные, полученные в результате проведения ГРП, должны быть сохранены. Цифровые данные должны быть использованы для дальнейших дизайнов ГРП. Все события, заслуживающие внимания, а также предложения по улучшению качества работ должны быть отражены в отчете.

- После завершения ГРП необходимо провести наблюдение за характеристикой работы скважины. Оценка проведенного ГРП может потребовать использования меченых атомов для определения эффективности развития трещины. Также может быть полезным проведение ГДИС на неустановившихся режимах притока для получения величин эффективной длины и проводимости трещины для планирования мероприятий по усовершенствованию последующих ГРП [6].

Делят ствол горизонтальной скважины 2 на зоны, которые различаются по фильтрационно-емкостным характеристикам в 1,5-1,6 раза.

К примеру, длина  $L$  ствола горизонтальной добывающей скважины 2 в продуктивном пласте 1 равна 320 м, фильтрационно-ёмкостные свойства и их изменение по стволу горизонтальной скважины 2 разделены на 3 зоны следующим способом: зона 3' - проницаемость 1,0 Дарси, длина  $L_1=90$  м; зона 3'' - проницаемость 1,55 Дарси, длина  $L_2=120$  м (в 1,5 раза относительно 3'); зона 3''' - проницаемость 2,48 Дарси, длина  $L_3=110$  м (в 1,6 раза относительно 3'').

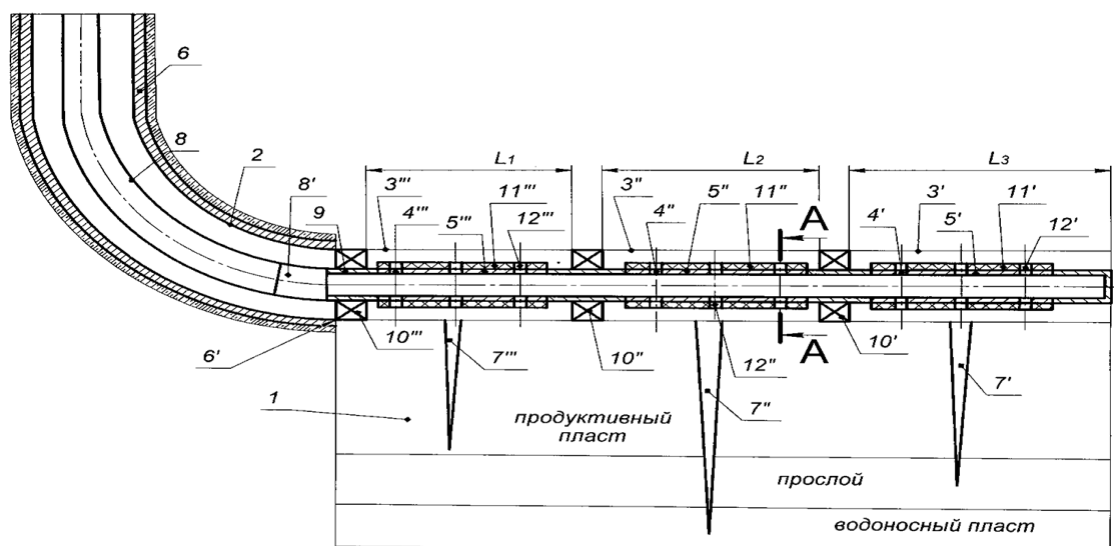


Рис. 1. Схема горизонтальной скважины для проведения многостадийного ГРП на Чинаревском месторождении

Далее подбирают пропускную способность (площадь проходных сечений) отверстий 4', 4'', 4''' (на рисунке 1 показаны условно) соответствующих фильтров 5', 5'', 5''', к примеру, для фильтра диаметром 168 мм, отдельно для каждой зоны 3', 3'', 3''' в зависимости от фильтрационно-емкостных характеристик.

Подбор площади проходных сечений отверстий 4', 4", 4''' соответствующих фильтров 5', 5", 5''' для каждой соответствующей зоны 3', 3", 3''' реализовывают различным методом.

Далее определяют количество отверстий 4', 4", 4''' , выполняемых в фильтре 5', 5", 5''' в каждой зоне.

Осуществление поинтервального гидравлического разрыва пласта после бурения горизонтального ствола дает возможностькратно повысить нефтеотдачу продуктивного пласта, кроме того, приток нефти происходит в открытый ствол горизонтальной скважины [5, 6].

Таким образом, подставляя значения в формулу, получим количество отверстий, выполняемых в фильтре 5 в каждой отдельной зоне с учетом коэффициента кратности увеличения дебита после проведения гидравлического разрыва пласта:

В фильтре 5 выполняют отверстия для каждой зоны отдельно, учитывая повышения дебита после проведения ГРП. Например, для зоны 3' – 7 тыс. шт, для зоны 3'' – 6 тыс. шт, для зоны 3''' – 3 500 шт.

Производят поинтервальный гидравлический разрыв пласта 1 с образованием трещин 7', 7", 7''' в соответственных зонах с соответствующей длиной в стволе горизонтальной скважины 2. Поинтервальный гидравлический разрыв пласта производят любым известным способом.

Производят установку набухающих пакеров в стволе горизонтальной скважины таким образом, для того чтобы они имели возможность герметичного разделения промежутков гидравлического разрыва пласта, друг от друга. На наружной поверхности фильтров установлены соответствующие водонабухающие пакеры.

Вследствие присутствия водонабухающих пакеров, выполненных в виде эластичных рукавов с отверстиями, увеличивается результативность осуществлении метода, что при начале обводнения продукции в какой-либо из зон ствола горизонтальной скважины совершается отсечение этой зоны что, обеспечивая продолжительный безводный период эксплуатации горизонтальной скважины.

Кроме того, в ходе эксплуатации горизонтальной скважины вероятен прорыв воды в ствол горизонтальной скважины в любом промежутке вскрытия продуктивного пласта горизонтальной скважиной, в том числе через промежутки проведения гидравлического разрыва пласта, т.е. трещины. Например, прорыв воды в ствол горизонтальной скважины произошел в интервале гидравлического разрыва пласта, т.е. в одну из трещин. Нефть из продуктивного пласта по трещинам поступает в ствол горизонтальной скважины и далее

через отверстия в эластичном рукаве и поступает внутрь ствола горизонтальной скважины отдельно из каждого интервала гидравлического разрыва пласта, т.е. из трещин а вода из водоносного пласта, разделенного от продуктивного пласта прослоем (глинистым) по трещине, поступает в ствол горизонтальной скважины и далее попадает в отверстия эластичного рукава, при этом происходит объемное расширение водонабухающего пакера (эластичного рукава) и отверстия в фильтре, в которые поступает вода, герметично перекрываются снаружи за счет стягивания отверстий в эластичном рукаве. Таким способом, совершается отсечение зоны ствола горизонтальной скважины, обводняющей нефть.

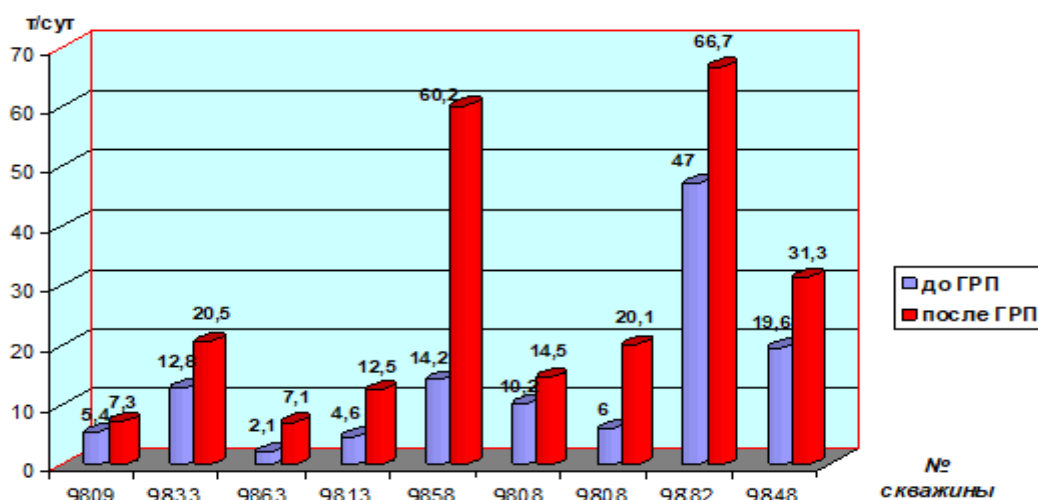


Рис. 2. Гистограмма изменения дебитов скважин до и после ГРП

Сравнительная характеристика текущих и прогнозируемых показателей до и после проведения гидроразрыва пласта показан на рисунке 2. Среднесуточный дебит скважин после ГРП в течение 12 месяцев составил 22 т/сут, что составляет 150% прирост (13 тонн) от 9 т/сут дебита скважин до ГРП.

В итоге, при проведении ГРП на предложенных десяти скважинах, учитывая основные статьи расходов на это, получен неплохой экономический эффект за непродолжительный период времени. Это свидетельствует о целесообразности и успешности данного проекта. Но следует отметить, что подбор скважин для подобных операций необходимо проводить с особой тщательностью и учитывать все требования и рекомендации. В противном случае мы можем нанести непоправимый вред нашей природе и недрам.



### Литература

1. Хисамов Р.С. Контроль за разработкой нефтяных и газовых месторождений / Р.С. Хисамов, Т.Г. Габдуллин, Р.Г. Фархуллин // Казань: «Идел -Пресс». 2009. С. 406.
2. Андреев А.Ф. Основы экономики и организации нефтегазового производства. Учебник /А.Ф. Андреев. М.: Академия, 2014.
2. Яраканова Д.Г. Горизонтальные скважины и многостадийный гидроразрыв. // Научный журнал «Бурение и нефть». №102. 2019. С. 46-49.
3. Каневская Р.Д. Математическое моделирование разработки месторождений нефти и газа с применением гидравлического разрыва пласта – Москва: Недра-Бизнесцентр, 1999. С. 212.
4. Шорохов А.Н., Азаматов М.А., Артамонов А.А. Основные особенности проведения многостадийного гидравлического разрыва пласта на горизонтальных скважинах – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности – 2013. С. 5.
5. Доп. к проекту разработки нефтегазоконденсатного месторождение Чинаревское по состоянию на 01.01.2019. Том I. Уральск. 2019. С. 478.
6. Ахметжан С.З., Купешова А.С. Обеспечение промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды на месторождениях – Дубна: Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление, 2021, С. 7.