

- систем при контроле геофизических параметров в режиме реального времени // Естественные и технические науки, 2014. – №1/2. – С.36-39.
3. Уилсон К., Шокарев И., Смолл Дж., Ахунжов Э. Результаты применения новых технологий в бурении при разработке сложного месторождения Восточной Сибири - Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения // Нефтегазовая вертикаль, 2011. – № 2. – С.54-55.
  4. Заикин И.П., Панков М.В., Исмаилов Н.А., Пушкарев С.В. Применение роторной управляемой системы PowerDrive и системы каротажа PeriScore при бурении горизонтальной скважины // Нефтяное хозяйство, 2009. – №11. – С.2-4.
  5. Калинин В. Роторные возможности управляемого бурения // Сибирская нефть, 2012. – №9. – С. 36-41.
  6. Kelly K. Rotary steerable. Enable extended-reach and precision control in tight zones // Oil&Gas. EURASIA, 2012. - №6. – P. 44-46.
  7. Matheus J., Ignova M., Hornblower P. A hybrid approach to closed-loop directional drilling control using rotary steerable systems // SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, 21-23 May, Maracaibo, Venezuela. – P. 84-89.

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМАТИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

С.К. Пандей

Научный руководитель старший преподаватель А.В. Епихин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Гидроразрыв пласта - это технология интенсификации нефтедобычи путем создания высокопроводящей трещины в продуктивном пласте. Гидравлический разрыв пластов (ГРП) в настоящее время является одним из самых эффективных методов разработки низкопроницаемых терригенных отложений. Более 50% остаточных извлекаемых запасов нефти Западной Сибири сосредоточено именно в низкопроницаемых пластах. По оценкам экспертов применение ГРП позволяет повысить коэффициент извлечения нефти и газа до 10-15%, а дебит скважин в 2-3 и более раз [1, 2]. В настоящее время около трети запасов углеводородов могут быть извлечены только с использованием этой технологии [3].

Технология ГРП в настоящее время обеспечивает более 40% дополнительной добычи нефти. На долю других методов увеличения нефтеотдачи и интенсификации притоков - гидродинамических, физико-химических - также приходится до 40% дополнительной добычи нефти. Бурение горизонтальных скважин и резка вторых стволов обеспечивают до 3%, на долю прочих технологий приходится 17% дополнительной добычи нефти.

Применение технологии гидравлического разрыва пласта достаточно обширно: от низкопроницаемых до высокопроницаемых коллекторов в газовых, газоконденсатных и нефтяных скважинах. С помощью этой технологии можно решать специфические задачи: ликвидировать пескопроявления в скважинах, получать информацию о фильтрационно-емкостных свойствах объектов испытания в поисково-разведочных скважинах и др. [4]

Одним из сдерживающих факторов повышения эффективности применения ГРП является отсутствие четких представлений о том, в каких отложениях и каких пластах приемлемо применять ту или иную технологию ГРП [5]. Учитывая сложность технологии и возможность возникновения экологических последствий при неправильном проектировании и проведении ГРП актуальными являются исследования по ее комплексному совершенствованию. Таким образом, задачей исследования является определение проблемных направлений и оценка возможности их успешного совершенствования.

Впервые ГРП был применен в 1947 году в США компанией [Halliburton](#). В качестве жидкости разрыва в тот момент использовалась техническая вода, в качестве расклинивающего агента — речной песок. В СССР ГРП стал производиться с 1953 года. Разработчиками теоретической основы явились советские учёные [Христианович С. А.](#), Желтов Ю. П. [2]. Впервые в мире гидроразрыв угольного пласта (для добычи [метана из угольных пластов](#)) был произведён в [1954 году](#) в [Донбассе](#). В настоящее время ГРП используют также для добычи газа из уплотненных песчаников, а также [сланцевого газа](#) и [нефти](#) [3]. В Западной Сибири, впервые в России, ОАО «Лукойл» успешно применил многостадийный ГРП в боковом горизонтальном стволе скважины по уникальной технологии гидropескоструйной перфорации и ГРП [6]. Для ООО «Ямбурггаздобыча» в 2002 году ОАО «Лукойл» было предложено проведение ГРП с целью интенсификации неокрепших газоконденсатных скважин [4].

Технология осуществления ГРП при добыче углеводородов включает в себя закачку в скважину с помощью мощных насосных станций жидкости разрыва (гель, в некоторых случаях вода, либо кислота) при давлениях выше давления разрыва продуктивного пласта. Для поддержания трещины в открытом состоянии, как правило, в терригенных коллекторах используется расклинивающий агент — пропант, в карбонатных — кислота, которая разъедает стенки созданной трещины. Однако и в карбонатных коллекторах может быть использован пропант [3].

ГРП в вертикальных скважинах может увеличить площадь контакта скважины с пластом в сотни раз, а в горизонтальных – в десятки раз (рис.1). ГРП в наклонно-направленных скважинах с большим отходом от вертикали дает обнадеживающие результаты, однако, во многих случаях оказывается бессилён обеспечить ожидаемый прирост рентабельности или добычи. Причиной тому являются методы заканчивания, не позволяющие обеспечить эффективное взаимодействие продуктивного пласта со стволом скважины. Чтобы максимизировать их контакт скважины, в которых планируется ГРП, традиционно заканчиваются открытым стволом, либо в их продуктивные зоны вставляются щелевые или предварительно перфорированные хвостики.

Создание поперечных трещин в горизонтальных скважинах значительно увеличивает площадь контакта с глинистым газоносным пластом. Поперечные трещины (сиреневые области рис. 2) – это трещины, направление которых перпендикулярно стволу скважины. Они создаются путем бурения в направлении наименьших горизонтальных напряжений. Продольные трещины (зеленые области рис. 2) параллельны стволу и возникают в результате гидроразрыва скважин, пробуренных в направлении наибольших горизонтальных напряжений [7]. Другими словами, положение плоскости раскрытия трещины при проведении ГРП зависит от распределения напряжений в массиве горных пород.

ГРП является технологией радикального воздействия на залежь и имеет ряд граничных условий, когда применение разрыва возможно и оправдано. К ограничивающим геолого-техническим условиям относятся: близкое расположение водоносных горизонтов и отсутствие надежных геологических экранов; отсутствие или низкое качество цементного кольца за обсадной колонной. При принятии решения о производстве ГРП в условиях близких к граничным условиям в каждом конкретном случае учитывается возможность проведения альтернативных технологий интенсификации, риски и масштабы ГРП, возможные сценарии развития трещин и их последствия [4].

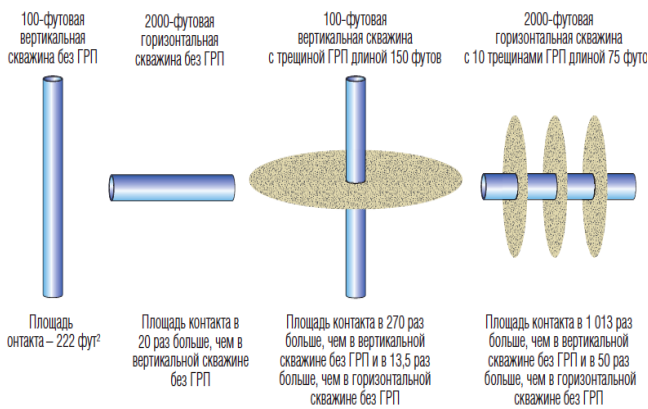


Рис. 1. Увеличение площади дренирования в вертикальных и горизонтальных скважинах [7]

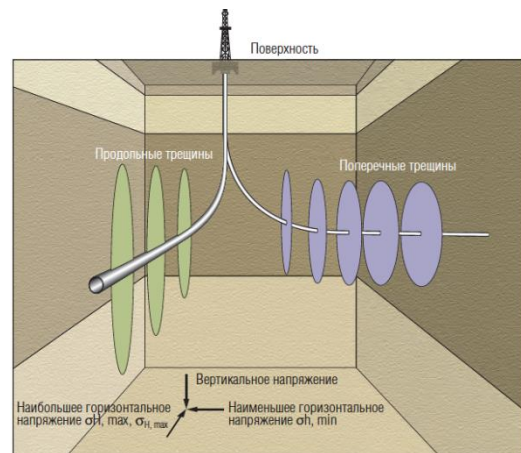


Рис. 2. Расположение трещин в зависимости от направления ствола скважины [7]

При проведении ГРП должен быть обеспечен типовой набор оборудования: емкости для рабочей жидкости и пропанта; блендер (смесевой агрегат); насосные установки, в том числе для закачки углекислого газа и азота; станция управления и контроля; колтюбинговая установка, контрольно-измерительная аппаратура (расходомеры; плотномер; датчики давления) [8]. На рис. 3 показана типовая схема расстановки оборудования при проведении ГРП [9].

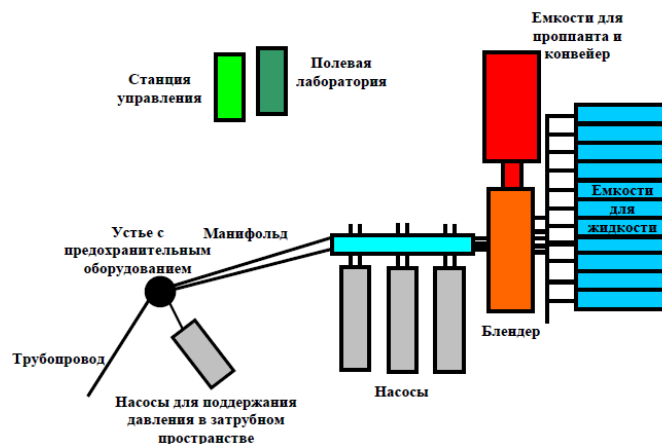


Рис. 3. Схема расстановки оборудования при проведении ГРП [9]

Во время проведения гидроразрыва в скважину закачивается специальная смесь. Обычно она на 99% состоит из воды и песка (либо пропанта), и лишь на 1% – из химических реагентов. Химический состав реагентов обычно представлен следующими составляющими: ингибиторы коррозии; понизители трения; стабилизаторы глин; ингибитор образования отложений; гелеобразующие агенты; добавки для контроля уровня pH, понизители водоотдачи; разрушители; температурные стабилизаторы; поверхностно-активные вещества; деэмульгаторы;

разжижители; бактерициды; загустители; газы для облегчения выноса жидкости на поверхность после ГРП (азот, углекислый газ) [3, 8].

Жидкости ГРП предназначены для выполнения следующих функций: создание трещины; развитие трещины до желаемых параметров; транспортировка пропанта в созданную трещину. Кроме того, они должны отвечать следующим требованиям: достаточная способность транспортировать пропант; достаточная эффективность жидкости или ограниченная водоотдача; низкие потери давления на трение в трубах; совместимость с горными породами и пластовыми жидкостями; легкость удаления из пласта; оптимальность затрат; безопасность в обращении. Жидкости, применяемые при ГРП, подразделяются на классы: на водной основе; на нефтяной основе; многофазные смеси (эмульсии, пены) [8].

Таким образом, анализ литературных источников позволил выделить актуальные направления для проведения научно-исследовательских работ для совершенствования техники и технологии операции ГРП:

- разработка импортозамещающих рецептур жидкостей гидроразрыва, отвечающих заданному перечню требований [8];

Одним из актуальных направлений является разработка солейстойких жидкостей, а точнее повышение устойчивости полимерных сшивающих реагентов.

- разработка новых типов пропантов, которые бы обладали малой плотностью для легкого закачивания и достаточной прочностью для удержания трещины в раскрытом состоянии [10];

- разработка новых технологий закачки пропанта в трещину, например, как метод несплошных пропантных набивок, позволяющих снизить количество закачиваемого материала в пласт и, соответственно, снизить себестоимость операции, уменьшить экологические риски [11]

- разработка нового оборудования по различным направлениям: увеличение мощностей для проведения масштабных ГРП на больших глубинах и создания высокопроводящих трещин; совершенствование систем управления и контроля процесса ГРП, позволяющее снизить риски осложнений и аварийных ситуации при его проведении;

- комплексное проектирование ГРП под заданные горно-геологические условия [5].

Дальнейшие исследования будут посвящены сравнению методик проектирования ГРП для различных горно-геологических условий.

#### Литература

1. Загуренко А.Г. Комплексный подход к планированию, оптимизации и оценке эффективности гидроразрыва пласта : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 25.00.17 / Загуренко Алексей Геннадьевич; [Место защиты: Науч. центр нелинейной волновой механики и технологии РАН]. - Москва, 2011. – 25 с.
2. Акулич А. В. Взаимное влияние растущей трещины гидроразрыва и природного разлома коллектора пласта: дис. ... кандидата физико-математических наук : 01.02.05 / Акулич Анна Валерьевна. – Москва, 2011. – 169 с.
3. Гидроразрыв пласта [Электронный ресурс] // Википедия: информационный портал. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>
4. Гидроразрыв пласта [Электронный ресурс] // Нефтегазотехнология: информационный сайт. Режим доступа: <http://n-gt.ru/services/technology/hydraulic-fracturing/>
5. Казанцев П.Ю. Исследование технологий воздействия гидроразрывом пласт на поздней стадии разработки месторождений: дис. ... кандидата технических наук : 25.00.17 / Казанцев Павел Юрьевич. – Тюмень, 2004. – 115 с.
6. Гидроразрыв пласта Inc [Электронный ресурс]// Rogtec: Russian Oil&Gas Technologies. Официальный сайт. Режим доступа: [www.rogtec.ru](http://www.rogtec.ru)
7. Индивидуальный подход к проектированию гидроразрыва пласта [Электронный ресурс] // Schlumberger Inc: официальный сайт. Режим доступа: <http://www.slb.ru/>
8. Jennings A.R., Enhanced Jr. P.E. Well Stimulation, Inc. Применение гидравлического разрыва пласта //Twirpx.com: информационный сайт. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/>
9. Щербаков А.А. Российский мобильный комплекс для гидроразрыва пласта // Нефть.Газ.Новации. - №12. – 2013.
10. Пропант MonoProp [Электронный ресурс] // Halliburton Inc: официальный сайт: <http://halliburton.ru/services>
11. Гидроразрыв пласта с созданием открытых каналов: быстрый путь к добыче [Электронный ресурс] // Schlumberger Inc. Режим доступа: <http://www.slb.com/>

#### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАМПОНАЖНОГО КАМНЯ

Д.Ю. Русинов, А.А. Куницких

Научный руководитель доцент С.Е. Чернышов

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г.Пермь, Россия*

Состояние цементного кольца за обсадной колонной влияет на герметичность разобщения продуктивных и водоносных горизонтов и изоляцию обсадных колонн от пластовых флюидов [1, 3]. Разрушение тампонажного камня приводит к возникновению межколонных давлений, появлению грифонов, межпластовым перетокам, преждевременному обводнению продукции нефтедобывающих скважин и т.п. Поэтому тампонажный камень должен обладать, во-первых, низкой проницаемостью, во-вторых, хорошей адгезией к горным породам и