

большим отходом от вертикали. Важно также отметить, что использование РУС требует буровых установок с верхним приводом и тщательно очищенного бурового раствора. Внедрение РУС сопровождается необходимостью высокой квалификации персонала и наличия сервисной поддержки. Инженеры-геонавигации используют данные с телеметрических систем MWD и каротажных систем LWD для оперативной корректировки бурения. В Беларуси такие технологии открывают новые перспективы по освоению остаточных и трудноизвлекаемых запасов нефти, в том числе на месторождениях Припятского прогиба, находящихся на четвертой стадии разработки. При этом снижается обводненность продукции, повышается устойчивость буровых процессов и обеспечивается комплексный экономический эффект на всех стадиях строительства скважин [4].

Развитие роторно-управляемых систем тесно связано с цифровизацией бурения и интеграцией с геонавигационными платформами. Использование трёхмерных геологических моделей в реальном времени позволяет адаптировать траекторию бурения к геофизическим условиям продуктивного пласта. Это особенно актуально в условиях Беларуси, где продуктивные горизонты могут резко меняться по мощности и насыщенности. Благодаря РУС удастся минимизировать вероятность выхода ствола скважины за пределы продуктивного интервала. Кроме того, применение РУС сокращает количество боковых стволов и снижает вероятность незакрепленных участков в скважине. Экономическая эффективность таких систем подтверждается снижением общего количества метров бурения и уменьшением аварийных ситуаций. Также происходит оптимизация затрат на обсадку, цементирование и освоение скважины. Применение РУС позволяет эффективно бурить как вертикальные, так и субгоризонтальные скважины, что особенно важно при доразведке залежей. Немаловажным фактором является экологическая составляющая — сокращение времени бурения снижает воздействие на окружающую среду. В будущем планируется интеграция РУС с системами искусственного интеллекта и цифровыми двойниками скважин, что выведет управление бурением на новый уровень [1].

Заключение. Роторно-управляемые системы стали неотъемлемым элементом современного бурения в нефтегазовой отрасли Беларуси. Их применение способствует рациональному освоению ресурсов Припятского прогиба и увеличению коэффициента извлечения нефти при разработке трудноизвлекаемых запасов нефтяного месторождения. Внедрение РУС в сочетании с цифровыми технологиями и подготовкой высококвалифицированного персонала является стратегическим направлением развития бурения в стране [5].

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Бочаров, Н. В. Особенности цифровизации бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Припятского прогиба) / Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев, Т. В. Аткинская // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем : сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Ун-т им. Аджинкя Д. Я. Патила ; под ред. М. Н. Андриянчиковой. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 93–96.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Фролов, В. В. Оптимизация режима работы глубинно-насосного оборудования на основе цифровых моделей / В. В. Фролов, А. В. Серебренников, А. Б. Невзорова // Нефтегазовый инжиниринг. – 2024. – № 1. – С. 33–40.
4. Серебренников, А. В. О некоторых путях повышения эффективности бурения скважин (на примере нефтяных месторождений Республики Беларусь) / А. В. Серебренников, Н. В. Бочаров, В. М. Ткачев // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2024. – № 4. – С. 105–118.
5. Моделирование процессов бурения на тренажере-иммитаторе с технологией виртуальной реальности / Ю. В. Линевиц, Д.С. Матвеев, Н.Н. Грибова, А.Б. Невзорова // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 113–114.

УДК 622.276.6

СОЛЯНО-КИСЛОТНЫЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА КАК МЕТОД ИНТЕНСИФИКАЦИИ

Литош М.К. (студент, гр. НР-31)

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: соляно-кислотный разрыв пласта, кислотная обработка, интенсификация добычи

Актуальность. На территории Республики Беларусь, особенно в пределах Припятского прогиба, значительная часть оставшихся нефтяных запасов относится к трудноизвлекаемым [1]. Для их эффективной разработки требуется применение современных методов интенсификации [2]. Одним из таких методов является соляно-кислотный разрыв пласта (СКРП), сочетающий принципы гидроразрыва и кислотной обработки. СКРП позволяет создавать проницаемые каналы в карбонатных коллекторах, улучшая фильтрационные характеристики и повышая дебит скважин [3].

Цель работы. Целью применения СКРП является повышение продуктивности нефтяных скважин путём создания кислоторастворимых трещин в пласте. Метод позволяет одновременно устранить кольматацию и повысить проницаемость пласта, обеспечивая устойчивый приток углеводородов.

Анализ полученных результатов. Применение СКРП на месторождениях Припятского прогиба, преимущественно в карбонатных коллекторах, показало высокую эффективность. Прирост дебита при использовании нефтекислотной эмульсии достигал до 3,5 т/сут. Особенно эффективен метод при обработке низкопроницаемых и трещиновато-кавернозных пластов. Преимуществами являются отсутствие необходимости применения проппанта, одновременное удаление кольматации и воздействие на зону последней стадии разработки. Однако эффективность метода снижается при высокой обводнённости продукции, а также при низком пластовом давлении.

СКРП применяется преимущественно в карбонатных коллекторах, таких как известняки и доломиты, широко распространённых на нефтяных месторождениях Припятского прогиба. Принцип действия метода основан на закачке соляной кислоты под давлением выше порового, в результате чего в пласте образуются трещины, которые затем растворяются кислотой. Таким образом формируются дополнительные каналы фильтрации, способствующие притоку нефти. При этом растворяющая способность кислоты позволяет не только создавать новые трещины, но и очищать уже существующие, устранить кольматацию и увеличить эффективную зону дренирования. Метод особенно эффективен при низкопроницаемых пластах, где традиционные технологии показывают ограниченные результаты. Важно отметить, что состав кислотного раствора подбирается индивидуально, с учетом минералогического состава породы. Например, в доломитах кислота проникает глубже, а в известняках — быстрее реагирует. Также учитываются параметры кислотной реакции, необходимость использования ингибиторов коррозии, стабилизаторов железа и поверхностно-активных веществ. Современные разработки включают самоотклоняющиеся кислотные системы и многостадийные обработки, позволяющие обрабатывать большие зоны пласта без дополнительного оборудования [4]. Применение компьютерного моделирования позволяет спрогнозировать поведение трещин, повысить эффективность метода и сократить количество неудачных операций. Постоянный мониторинг состояния скважин после обработки позволяет выявлять слабые зоны и оперативно их корректировать. Развитие СКРП идёт в направлении комбинирования с волновыми методами интенсификации и кавитационно-импульсным воздействием. Это особенно важно для месторождений с высоким уровнем обводнённости [5,6]. На практике доказано, что СКРП позволяет получить устойчивый прирост дебита нефти даже в истощённых залежах. В условиях Припятского прогиба данный метод остаётся одним из приоритетных в программе повышения коэффициента извлечения нефти.

Заключение. Соляно-кислотный разрыв пласта является одним из наиболее перспективных методов интенсификации добычи нефти в условиях геологических особенностей Припятского прогиба. Метод успешно применяется в карбонатных коллекторах Припятского прогиба, способствуя восстановлению фильтрационно-емкостных свойств пласта и увеличению коэффициента извлечения нефти. Для дальнейшего повышения эффективности необходимо совершенствование технологий и адаптация составов кислотных систем к геологическим условиям и снижения экологической нагрузки на окружающую среду [7].

Благодарность. Автор выражает благодарность научному руководителю, старшему преподавателю кафедры «Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика» ГГТУ им. П.О. Сухого Аткинговской Т.В. за помощь при проведении исследования.

Список литературы

1. Порошин, В. Д. Разработка нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / В. Д. Порошин, С. В. Козырева, С. Л. Порошина ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Нефтегазозаработка и гидропневмоавтоматика". – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2024. – 399 с.
2. Демяненко, Н. А. Технологии интенсификации добычи нефти. Перспективы и направления развития : [монография] / Н. А. Демяненко, П. П. Повжик, Д. В. Ткачёв. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 270 с.
3. Асадчев, А. С. Совершенствование технологии селективной изоляции водопритока на основе применения реагента ОВП-2 / А. С. Асадчев, Т. В. Аткинговская, Е. И. Коваленко // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого. – 2019. — № 2. – С. 28–33.
4. Порошина, С. Л. Анализ разработки залежи нефти в воронежских отложениях (верхний флан) Золотухинского месторождения в Припятском прогибе по промысловым гидрохимическим данным / С. Л. Порошина // Літасфера. 2022. – № 1. – С. 131–148.

5. Применение новых технологий и технических средств в процессе строительства скважин [Электронный ресурс] : сб. стендовых докл. студ. научн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомельский гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Машиностроит. фак., Каф. «Нефтегазозаготовка и гидропневмоавтоматика» ; под общ. ред. Т. В. Аткинговской. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – 19 с.

6. Златина, В. Ю. Анализ эффективности применения современных буровых растворов для повышения качества бурения надсолевого комплекса в структурной зоне Припятского прогиба / В. Ю. Златина, Т. В. Аткинговская // Современные проблемы машиноведения : сборник научных трудов : в 2 ч. Ч. 2 / Министерство образования Республики Беларусь, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, ПАО «ОАК» ОКБ Сухого, Таизский университет (Йеменская Республика) ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 108–110.

7. Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : монография / А. Б. Невзорова. - Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 109 с.

УДК 622.276

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА

Снарская Д.С. (студент НР-31)

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Республика Беларусь

Ключевые слова: трудноизвлекаемые запасы нефти, гидроразрыв пласта, пакер, жидкость разрыва

Актуальность. В настоящее время одной из основных задач нефтегазозаготовки является вовлечение трудноизвлекаемых запасов нефти, в которых сосредоточено более 50 % остаточных извлекаемых запасов углеводородов [1, 2]. Одним из наиболее эффективных инструментов интенсификации притока является гидроразрыв пласта [3]. Эта технология позволяет «оживить» объекты, на которых добыча нефти традиционными способами уже невозможна или малорентабельна [4,5].

Цель работы – обобщить этапы проведения ГРП и систематизировать информацию о технологии ГРП.

Анализ полученных результатов. Подготовка скважины к ГРП осуществляется в несколько этапов. Забой скважины очищают от песчаной и глинистой пробок и отмывают стенки от загрязняющих отложений. В ряде случаев перед гидроразрывом целесообразно проводить соляно-кислотную обработку или дополнительную перфорацию. Затем в скважину спускают трубы НКТ диаметром 89—114 мм, по которым жидкость разрыва подается на забой. Для предохранения обсадной колонны от воздействия большого давления над разрываемым пластом устанавливают пакер, который полностью разобщает фильтровую зону скважины от ее вышележащей части. Для предотвращения сдвига пакера по колонне при повышении давления на трубах устанавливают гидравлический якорь. Устье скважины оборудуется специальной головкой, к которой подключаются агрегаты для нагнетания в скважину жидкостей разрыва.

Затем в подготовленной и оборудованной скважине в трубы закачивают нефть (при обработке нефтяной скважины) или воду (при обработке нагнетательной скважины) и создают максимально возможное давление. По отсутствию перелива жидкости через затрубное пространство судят о герметичности пакера.

При максимальном числе подключенных насосных агрегатов в скважину закачивают жидкость разрыва со скоростью, превышающей скорость ее поглощения пластом. Давление жидкости возрастает, пока не будут преодолены внутренние напряжения в породе. В породе образуется трещина. О разрыве пласта судят по резкому увеличению приемистости (поглотительной способности) скважины. Отсутствие резкого спада давления в насосах указывает на высокую проницаемость пласта или на существование в пласте естественных трещин, ширина которых постепенно увеличивается по мере нарастания давления. Резкий спад давления при разрыве пласта, сопровождающийся одновременным увеличением приемистости скважины, происходит при обработке пластов с малой проницаемостью при отсутствии в пласте естественной трещиноватости.

Как только развитие трещины началось, в жидкость добавляется расклинивающий материал - проппант или песок, переносимый жидкостью в трещину. После завершения процесса гидроразрыва и сброса давления проппант удерживает трещину открытой и, следовательно, проницаемой для пластовых жидкостей. Последняя порция проппанта в количестве 100—150 кг должна содержать радиоактивные вещества, чтобы в дальнейшем можно было при помощи гамма-каротажа проверить - зоны поглощения расклинивающего материала.

Прокачивают в скважину продавочную жидкость при максимальных давлениях, обеспечивающих раскрытие трещин и введение в них расклинивающего материала. Для этого к скважине должно быть подключено наибольшее число насосных агрегатов, чтобы достигнуть максимальной скорости прокачки. Количество продавочной жидкости должно быть равно емкости колонны насосно-компрессорных труб. При прокачке излишнего количества продавочной жидкости она может оттеснить песок в глубь пласта: это приведет к тому,