

АНОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается процесс увеличения нефтеотдачи трещиноватых коллекторов по средствам применения соляно-кислотных обработок. Объектом исследования является месторождение Восточной Сибири, имеющее сложное строение и за счет тектонических воздействий оно разделено на блоки.

Развитие разработки данного типа коллекторов с развитой системой трещин, которые способны обеспечить гидродинамическую связь между скважинами, имеют наибольшее воздействие на продуктивность скважины.

Применение соляно-кислотной обработки для повышения продуктивности трещиноватых коллекторов путем растворения доломита в коллекторе для увеличения или восстановления проницаемости призабойной зоны пласта, очистки трещин и увеличения связи между трещинами путем создания коридоров.

Основная цель проекта заключается в оптимизации алгоритма обработки соляной кислоты, которая изначально была применена на месторождении. Для достижения данной цели были применены геофизические исследования скважин и данные испытаний.

В данной работы реализовано две случая подбора оптимального дизайна: аналитический и практический, основанный на ранее проведенных обработках. При аналитическом анализе кислотная обработка трещиноватого коллектора была рассмотрена как коллектор после кислотного ГРП. Благодаря данному подходу был рассчитан скин фактор после проведенной обработки, и, далее, при его сравнении с изначальным скин фактором можно судить о грамотно подобранном алгоритме закачки кислоты в пласт.

Практический подход подразумевал анализ ранее проведенных кислотных обработок на основании 12 скважин с учетом трещиноватости, полученной по данным геофизический исследований.

Кроме того, был проведен анализ поглощений на данном месторождении и даны рекомендации по их минимизации.

В результате исследования получен алгоритм проведения соляно-кислотных обработок с учетом интенсивности трещиноватости

The development of traditional reservoirs with high-permeable formations reduces their rates. They are replaced by the fields with fractured reservoirs which have low filtration properties.

Developing these types of the fields, fractured systems that are capable of providing a hydrodynamic connection between the wells, have a higher impact on well productivity. In most cases, the largest contribution comes from "macro-fractures" that are larger than tens of meters.

Hydrochloric acid treatment is widely used to improve the productivity of fractured reservoirs by dissolving the dolomite formations in the reservoir to increase or restore the permeability of the bottom-hole formation zone.

The main aim of the project is to optimize the design of hydrochloric acid treatment that was applied on the Field B characterized as very fractured. In order to do that, well logging and well test data were interpreted and applied for further analysis.

Two approaches were used in order to make a better technology for reservoir treatment. The first step implies analytical analysis (after M. Economides, Production Technology Manual). According to this analysis, the most suitable treatment of the reservoirs was chosen according to the calculated value of skin factor after treatment.

The second approach entailed practical analysis of 12 horizontal wells that were previously exposed to treatment. The most preferable treatment algorithm was chosen according to fracture intense in each interval.

Moreover, fluid loss analysis was done on the basis of the previous acid treatment and fracture based reservoirs.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработка традиционных месторождений с высокопроницаемыми пластами снижает свои темпы и на их место приходят месторождения с трещиноватыми коллекторами с низкими фильтрационными свойствами.

Разрабатывая такие типы месторождений, большее влияние на продуктивность скважин оказывает наличие систем трещин, которые способны обеспечивать гидродинамическую связь между скважинами и с объемом коллектора. В большинстве случаев наибольший вклад вносят «макротрещины», которые имеют размеры более десятков метров.

Для диагностирования наличия трещин и их параметров применяется комплексный метод, в который входят региональная сейсмика, межскважинные и поверхностные измерения на основе микро-сейсмики, ГИС в отрытом стволе (микроимджеры). К сожалению, данный набор методов не показывает влияния трещиноватости на одну работающую скважину. Эта проблема может быть решена лишь с применением методов исследований действующих скважин, таких как промыслово-геофизические и гидродинамические исследования.

Помимо естественной трещиноватости, можно создавать трещины искусственным путем, применяя различные технологии, связанные с закачкой соляной кислоты в пласт, гидравлического разрыва пласта (ГРП), а также бурение горизонтальных скважин с применением многостадийного гидравлического разрыва пласта (МСГРП). Так же, для повышения продуктивности скважины, разрабатывающих трещиноватые коллектора, зачастую используют не просто соляно-кислотную обработку (СКО), а большеобъемную селективную кислотную обработку (БСКО) с целью растворения карбонатных пород в пласте для повышения или же восстановления проницаемости призабойной зоны пласта (ПЗП).

Для эффективной СКО необходимо грамотно рассчитать две составляющие, такие как глубина проникновения кислоты в пласт и полнота

растворения коллектора в кислотном растворе. В процессе обработки ПЗП соляной кислотой ее большее воздействие на пласты происходит в около скважинном пространстве. Что касается удаленной зоны, то реакция взаимодействия кислоты с породой идет менее интенсивно из-за потерь, связанных с ее активностью. Таким образом, прискважинная зона будет более интенсивно обработана кислотой и большее количество каналов растворения, «промоин, червоточин», сформируется именно в этой зоне. Ввиду данных особенностей, проведение повторных СКО будет падать, следовательно, необходимо применение химических реагентов, способных тормозить реакцию взаимодействия кислоты с породой.

На практике широкое применение нашли так называемые «замедлители» и «отклонители» соляной кислоты. Применения данных химических агентов находят наибольший интерес в сложно-построенных трещиноватых коллекторах.

Актуальность данной проблемы обусловлена как ростом подобных месторождений в структуре запасов углеводородов, так и малым опытом работы с подобными коллекторами.

Цель работы

Целью данной выпускной квалификационной работы является поиск оптимального дизайна, а именно, объемов соляно-кислотной обработки с применением специальных добавок для дальнейших работ на месторождении на основании данных по 12 горизонтальным скважинам.

Задачи

1. Анализ данных геофизических исследований (ГИС), таких как: Ультразвуковой акустический имиджер UBI, Электрический пластовый микроимиджер FMI-ND, Волновой дипольный АК Sonic Scanner и Стандартный комплекс ГИС. Необходимо изучить ориентацию, направленность, интенсивность трещиноватости для поиска оптимального объема закачки соляной кислоты и

применения специальных технологий по эффективной закачке в трещиноватые интервалы.

2. Анализ данных гидродинамических исследований (ГДИС). По кривым восстановления давления необходимо сделать вывод о качестве измерений, их достоверности. Необходимо сделать вывод о применимости данных ГДИС при дизайне кислотных обработок.
3. Анализ информативности данных по уже проведенным СКО на данном месторождении. Провести аналитический дизайн СКО и сравнить его с тем, что был проведен на данном месторождении. Сделать вывод об оптимальном дизайне.
4. Анализ поглощений при разработке данного месторождения с дальнейшими рекомендациями по их минимизации.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В настоящее время доля объектов с трудно-извлекаемыми запасами увеличивается. Эти запасы могут быть отнесены к низко-проницаемым, вблизи газовой шапки или водонефтяных контактов, а также трещиноватым, карбонатным коллекторам. Изучение данного типа коллекторов является основной целью в нефтяной индустрии в настоящее время.

1.1. Методы воздействия на ПЗП в трещиноватых коллекторах

Опыт разработки трещиноватых коллекторов доказывает, что для интенсификации добычи нефти из такого рода коллекторов целесообразно проведение различных видов кислотных обработок на ПЗП, что может значительно увеличить коэффициент охвата пласта по средствам вытеснения. Больше применение получили такие методы, как соляно-кислотные ванны (СКВ), соляно-кислотные обработки, пенокислотные обработки (ПКО).[2]

1.1.1. Соляно-кислотная обработка

Целью соляно-кислотной обработки является создание каналов высокой проводимости или очистить частично закупоренные трещины в низко-проницаемых трещиноватых коллекторах (ЭКОНОМИДЕС М.Л., Nolte K.G., «Бешеные Стимуляция», 2000) [3].

В породах, вмещающих углеводороды, нередко присутствуют известняки, доломиты или цементирующие вещества карбонатного состава. Такие породы могут быть растворены с помощью HCl – соляной кислоты.

1.1.2. Соляно-кислотные ванны

Соляно-кислотные ванны применяются в скважинах с открытым забоем после бурения и при освоении, для очистки поверхности забоя от остатков

цементной или глинистой корки, продуктов коррозии кальцитовых выделений из пластовых вод и др.

Соляная ванна является первым обязательным видом кислотной обработки для скважин, которые переданы из бурения, и проводится в разведочных скважинах в процессе их ввода в эксплуатацию.

1.1.3. Пено-кислотная обработка

Пено-кислотная обработка осуществляется в скважинах, которые многократно были подвержены кислотной обработке, или в скважинах с неоднородным коллектором. Пено-кислотная обработка также может выступать в качестве непроницаемого блока или высоко-проницаемым прослоем, позволяя тем самым кислоте течь в необходимые интервалы. Также пена может быть введена в скважину единично или попеременно вместе с кислотой [4].

Впервые, технология соляно-кислотной обработки была описана Frasch в 1896 году, который писал закачке кислоты в известняки. Реакция происходит благодаря закачке кислоты и дальнейшего создания каналов в породе.

Несмотря на множество преимуществ использования соляной кислоты, таких как простота и дешевизна, в качестве рабочего агента он имеет ряд существенных недостатков.

- Во-первых, высокая скорость реакции соляной кислоты с карбонатной породой приводит к тому, что глубина проникновения соляно-кислотного раствора в пласт невелика.
- Во-вторых, маловязкие кислотные растворы проникают в наиболее проницаемые участки пласта, и проведение повторных СКО увеличивает каналы растворения и снижает охват пласта кислотным воздействием.
- В-третьих, постановка соляно-кислотных ванн может приводить к нарушению крепи скважин и их быстрому обводнению.
- В-четвертых, кислота может вызвать коррозию оборудования.

1.2. Специальные добавки

В последние годы было установлено, что для получения желаемого эффекта при проведении СКО необходимо применять замедлители реакции, ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества, вводимые в рабочий агент.

При обработке пластов с трещиноватыми коллекторами эффективность стимулирования возрастает, если реакция кислотных составов с породой замедляется таким образом, чтобы неотработанная кислота проникла как можно дальше в продуктивный пласт и вокруг сформировалась большая зона с улучшенной проницаемостью. Подобный результат будет достигнут в случае применения кислотных составов с пролонгированной скоростью реакции с карбонатными породами, позволяющей увеличить радиус обработки скважины. На практике для этого применяются добавки ингибиторов реакции в соляно-кислотные растворы и менее активные неорганические и органические кислоты. С этой целью будет использована технология для обработок скважин, вскрывших карбонатный коллектор, с использованием уксусной кислоты. [5]

Гели, как правило, используются в трещиноватых коллекторах, имеющих низкую пористость, чтобы сделать кислотную обработку более эффективной. Они применяются для очистки высоко-проницаемых каналов и уменьшения потерь жидкости в низко-проницаемых матрицах. Кроме того, гели также используются в качестве барьеров для технологии с применением отклонителей или шариков. [6]

Другая перспективная технология подразумевает под собой применение обратной нефтяной-эмульсии, которая может увеличить проницаемость трещиноватого продуктивного интервала на небольшом расстоянии от ствола скважины. Это объясняется характером химического взаимодействия соляной кислоты с карбонатами породы. Кислота поступает в пласт, где сразу же реагирует с породой вблизи ствола скважины, и вода, выделившаяся при данной реакции, поступает во внутреннее пространство резервуара. Глубина

проникновения может быть увеличена за счет снижения скорости реакции соляной кислоты с породой. [7]

Кроме того, разработка месторождений с применением азота является одним из наиболее амбициозных проектов по его использованию в нефтяной промышленности. Основная цель применения азота на эксплуатационных скважинах это создание притока из резервуара после ремонта скважин, очистки продуктивного пласта от технологических жидкостей и ствола скважины от механических примесей, получить большой радиус охвата. Технологический процесс подразумевает под собой постепенное уменьшение плотности жидкости, которая находится в стволе скважины, забойное давление падает ниже пластового, это и приводит механизм в действие. [8]

Сложная задача также присутствует при создании единого фронта вытеснения из резервуара с различными значениями проницаемости, потому что кислота всегда будет течь в более проницаемые каналы, тем самым закрывая путь к менее проницаемым. Для решения этой проблемы инженерами компании Schlumberger, а именно, Khalid S. Asiri, Oscar Bueno, Alejandro Pena и др. была предложена технология отклонения. Сначала, это была механически отклоняющая технология, которая включала в себя бурильную трубу или гибкие НКТ совместно с механическими пакерами, которые могут изолировать и после этого направить поток в низкой проницаемый участок. Другая технология подразумевает под собой специальные шарики, которые могут быть сброшены в скважину, чтобы закупорить перфорационные отверстия высокопроницаемых зон.

Fred Mueller, Tim Lesco, Bruno Lecert и др., которые также являются инженерами компании Schlumberger, предложили химически отклоняющую технологию, а именно, загустители и твердые частицы. Загустители включают в себя водорастворимые полимеры, гели и вязко-упругие поверхностно-активного вещества, которые образуют временный барьер, который заставляет кислоте течь. Твердые частицы содержат плаги (зерна соли), которые увеличиваются в размерах и закупоривают необходимые интервалы. [9]

Как известно, обводненность продуктивных пластов это наиболее актуальная проблема на поздних стадиях разработки месторождения. В этот момент, на первое место выдвигается проведение изоляционных работ, выравнивание профиля приемистости и ограничение водопритоков.

Для решения этих проблем одним из самых простых и дешевых, но в тоже время эффективным способом, является применение изоляционных материалов на основе силиката натрия с применением специальных добавок, таких как водорастворимые полимеры, опилочная мука, и т.п.. Применение силикатных гелевых композиций является достаточно надежным и позволяет изолировать водопритоки в добывающих скважинах. Более того, их закачка в нагнетательные скважины способствует подключению не затронутых процессом вытеснения участков залежей нефти. [10]

Для предотвращения выхода из строя труб в результате коррозии во время обработки было принято решение о добавление специальных ингибиторов коррозии. [11]

1.3. Технологии проведения СКО

СКО может быть осуществлена несколькими способами. Один из которых подразумевает закачку кислоты в ЛОБ (Рис. 1а). Это интенсивная кислотная обработка под давлением ниже давления гидроразрыва с применением химических или механических отклонителей.

НКТ опускается в скважину напрямую к перфорационным отверстиям, где в дальнейшем кислота подается в пласт под большим давлением. Кислота пробивает загрязненные отверстия и разъедает поры. Это очень простой метод, однако, он имеет ряд существенных недостатков:

1. Контроль за закачиваемой кислотой не может быть осуществлен.
2. Необходим большой объем кислоты.
3. Необходимо провести дополнительные работы по вымыванию кислоты из скважин с помощью технологической воды, нейтрализовать его с содой или другими реагентами после кислотной обработки.

4. Закачка в ЛОБ имеет тенденцию концентрировать кислоту в пяточной или носочной части горизонтального ствола скважины и оставлять остальные участки необработанными. Или же, кислота будет закачена только в те участки, которые имеют наибольшую трещиноватость.

В общем, закачка кислоты в ЛОБ осуществляется в случае невозможности закачки кислоты в перфорационные каналы из-за их почти полной закупорки, или если нет в наличии специального оборудования для селективной обработки.

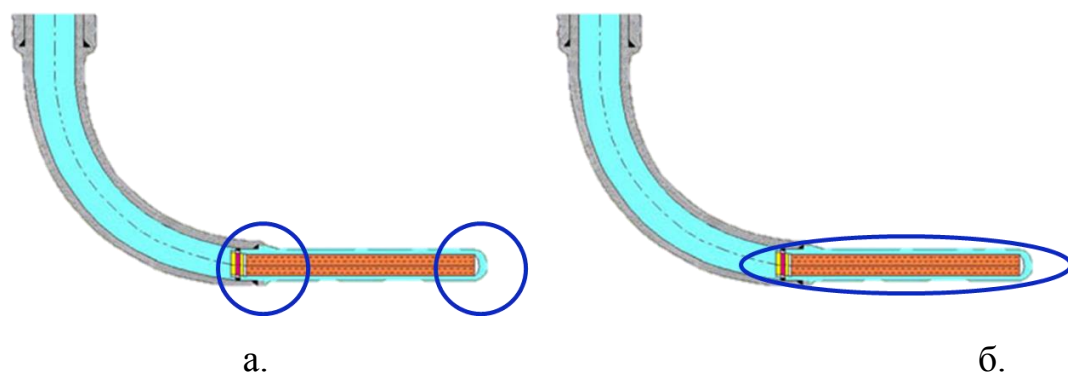


Рис. 1. Закачка кислоты в ЛОБ (а) и на ГНКТ (б) в горизонтальную скважину

Другой способ это обработка пласта через колтбунг, или на ГНКТ (Рис. 1б). Данная технология позволяет обработку соляной кислотой без операционных помех и с минимизацией вреда, оказываемого на резервуар. Обработка на ГНКТ также эффективна и благодаря тому, что труба может перемещаться во время операции, и, таким образом, обработка мощных продуктивных пластов осуществляется по трубе через специальные сопла нагнетается реагент, проникающий вглубь пласта, по всей его толщине. [12]

Подводя итог, эффект от обработки коллектора соляной кислотой определяется различием в величине коэффициента производительности до и после, а также дополнительным количеством нефти, добываемой из скважины после обработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была рассмотрена соляно-кислотная обработка трещиноватых коллекторов на примере Куюмбинского месторождения, расположенного в Восточной Сибири. Для определения оптимального дизайна СКО были выполнены следующие задачи:

1. На основании геофизических исследований, были определены интенсивность трещиноватости по FMI и UVI, количество трещин, ориентация трещиноватости. Опираясь на полученные данные, был сделан вывод о том, что FMI исследования необходимо проводить в обязательном порядке до кислотной обработки скважины, чтобы точно знать какие интервалы с каким объемом кислоты и отклонителей обрабатывать.

2. В ходе работы была проведена интерпретация данных ГДИС по 12 горизонтальным скважинам до СКО. На основании полученных результатов был сделан вывод о том, что полученные данные стоит считать лишь оценочными ввиду влияния послепритока. Были даны рекомендации к дальнейшим проведениям ГДИС, а именно, их проведение необходимо после СКО для сравнения эффекта. На основании проведённых гидродинамических исследований была дана рекомендация о дальнейших исследованиях с большим временем исследования.

3. Эмпирически был разработан алгоритм закачки кислоты на основании ранее проведенных СКО. Опираясь на геофизические исследования, все скважины были поделены на четыре группы по интенсивности трещиноватости, и для каждой группы был подобран свой алгоритм проведения СКО.

4. Дизайн кислотной обработки был также оценен аналитически. В данной работе трещиноватый коллектор был рассмотрен как коллектор после кислотного ГРП. На основании расчетов был определен скин фактор после обработки и соответственно аналитический дебит был рассчитан.

Также был произведен расчет объемов кислоты для каждой из скважин на основании данных о трещиноватости и горизонтально ствола скважины.

5. В ходе работы были выделены скважины с наибольшими поглощениями бурового раствора во время бурения. Данная ситуация была объяснена с геологической точки зрения на основании данных о трещиноватости коллектора.

В качестве дальнейших рекомендаций необходимо проведение промыслово-геофизических исследований, таких как шумометрия в открытом стволе скважины, с целью выявления притока, расходомерия. Необходимо проведение FMI на вновь пробуренных скважинах для определения зон трещиноватости для более качественной закачки кислоты и отклонителей. Проведение трассерных исследований для более точного определения характеристик пласта. Также дополнительно рекомендуется провести анализ керна для оценки матричных параметров коллектора и сравнения ориентации трещиноватости по магнитным ориентациям для подтверждения данных FMI.