ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Соколова Ильи Сергеевича

«Геолого-техническое обоснование применения динамического преобразования низкопроницаемого коллектора для повышения нефтеотдачи залежей с трудноизвлекаемыми запасами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

1. Актуальность темы диссертационной работы

В диссертационной работе Соколова И.С. рассматривается проблема ввода новых мощностей и стабилизации добычи нефти за счет освоения низкопроницаемых объектов, как на обустроенных, так и на новых площадях месторождений. С учетом постепенной выработки ресурсной базы «зрелых» нефтяных месторождений, залежи нефти и месторождения с низкопроницамым коллектором оказывают все большее влияние на текущую добычу в РФ. В настоящее время ввод низкопроницаемых объектов в добычу стал возможен благодаря развитию технологий гидроразрыва пласта, строительству горизонтальных и многозабойных скважин, а также различным комбинациям этих технологий. Государством предусмотрен экономический стимул для инвестиций – система льготирования добычи трудноизвлекаемых запасов.

При этом в практике проектирования разработки месторождений в качестве базового варианта как правило применяются типовые решения, основанные на бурении наклонно-направленных скважин в различных комбинациях сеток и систем разработки. А дальнейшая проработка и улучшение проектных решений обязывает проектировщиков применять и встраивать в существующие системы более современные конструкции и технологии закачивания скважин, в частности с ГРП и МГРП. Выбор оптимальных решений, согласно действующим регламентирующим документам, производится с применением анализа вариантных расчетов на гидродинамических моделях различной степени сложности. Отдельным методическим аспектам моделирования и формирования расчетных вариантов с корректным учетом воздействия на пластовую систему, посвящена рассматриваемая работа.

Как отмечено в диссертационной работе Соколова И.С. и в научных работах различных авторов, современные тенденции в разработке низкопроницаемых коллекторов ориентированы на повышение продуктивности скважин как за счет создания техногенных и естественных трещин (каналов низкого фильтрационного сопротивления), так и за счет увеличения длины работающей в пластах части стволов скважин. Это управляемые изменения, которые можно планировать, моделировать, оптимизировать. Также при организации закачки воды в пласты существуют и неуправляемые изменения путем создания систем трещин в призабойной зоне нагнетательных скважин (авто-ГРП).

В совокупности, последствиями активного изменения продуктивности скважин за счет ГРП и авто-ГРП является динамически меняющаяся среда (пласт), которая из изотропной гетерогенной переходит в состояние анизотропной - тип коллектора из преимущественно порового преобразуется в порово-трещинный, что меняет ключевые параметры процессов фильтрации жидкости.

Качественное и количественное отражение изменений среды (динамическое преобразование низкопроницаемого коллектора) и признание системы трещин частью системы разработки является важным элементом проектирования разработки месторождений на современном уровне. Это положение в диссертационной работе является одним из ключевых и защищается впервые.

Автор на основании собственных исследований и с привлечением опубликованных материалов достаточно подробно сформулировал задачу оценки влияния динамического преобразования коллектора и учет каналов НФС (систем трещин и др.) на состояние разработки залежей и нефтеотдачу, а также необходимость исследований в этом направлении.

Актуальность темы охватывает сотни залежей нефти в низкопроницаемых и ультранизкопроницаемых пластах, ввод в добычу которых является текущей и будущей задачей нефтяных компаний. Опираясь на оценки автора можно предположить, что через 10 лет до 50% текущей нефтедобычи в Западной Сибири будет осуществляться из низкопроницаемых пластов, разбурённых сложными скважинами и стимулированных гидроразрывом. Поэтому корректный учет изменений поровой среды, методика моделирования и прогнозирования нефтедобычи для различных типов залегания пластов является актуальной и значимой тематикой в научном сопровождении проектирования и разработки месторождений.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов путем применения каналов НФС в качестве элемента технологии. Задача решается за счет формирования методического подхода, учитывающего влияние и прогнозирование динамического преобразования коллекторов.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций

Обоснованность разработанных автором научных положений, вывод и методических подходов, сформулированных в диссертации базируется на современных знаниях о динамике эксплуатации нефтяных залежей ряда месторождений Компании «Лукойл», результатах промысловых исследований и современных методах моделирования разработки.

Автор уделил значительное внимание не только теоретическому обоснованию изменения коллекторских свойств пластов, но и тщательно подтвердил свои выводы методами анализа промысловых данных: использованы гидродинамические, промыслово-геофизические и индикаторные исследования как одиночных скважин, так и участков пласта. Глубина исследований – более 10 лет, что позволяет уверенно заявлять о процессах выявленных изменений.

Для гидродинамического моделирования использованы существующие симуляторы и предусмотренные не прямые способы внесения в модель системы техногенных каналов НФС (трещин ГРП и авто-ГРП), требующие итерационной адаптации и подбора зависимости множителя проницаемости от давления в ячейке. Вопрос адаптации авторской зависимости подробно не обсуждается, так как для различных пластов и их участков, разрезов и фильтрационных свойств возможны отличающиеся зависимости. Изложенная методическая основа для учета динамического преобразования достаточна для применения на большом количестве объектов моделирования.

3. Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается сравнительным анализом теоретических предпосылок для динамического изменения характеристик поровой среды в сравнении как с фактически достигнутыми результатами разработки участков пластов месторождений (представлено несколько участков анализа), так и с результатами гидродинамического и геомеханического моделирования.

Новизна научного подхода заключается в комплексировании трех независимых направлений исследований:

а) изучение влияния каналов НФС на состояние выработки запасов с применением методов промысловой геофизики;

б) изучение преобразования характеристик пористой среды в результате техногенного воздействия на пласт и формирование каналов НФС;

в) изучение возможностей методов гидродинамического моделирования для учета динамического преобразования коллекторов (каналов НФС).

В частности каждое из направлений проработано как лично автором, так и использованы исследования и выводы, отраженные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

В результате исследований Соколов И.С. в своей работе подтверждает наличие динамических преобразований коллектора в ходе разработки месторождений и их влияние на выработку запасов и текущую добычу. Особенный интерес вызывает обоснование эксплуатации нагнетательных скважин в режиме авто-ГРП – положения автора схожи с эмпирическими выводами многих авторов и исследователей, но впервые, следует признать, доказаны методами гидродинамического моделирования.

Общие выводы успешно доказаны: применение ГРП или переход на режим Авто-ГРП приводит к преобразованию фильтрационной среды из пористой модели в трещинно-пористую (или трещиновато-пористую). Объем изменений существенен (заметен) и подтверждается различными типами исследований – индикаторные закачки, ГДИС, ПГИС.

Следует добавить, что существующие методы дистанционного контроля проведения ГРП, не исследованные автором, (FMI-сканеры, микросейсмика) также подтверждают динамическое изменение среды фильтрации.

4. Научная и практическая значимость полученных результатов.

Методический подход, разработанный автором на гидродинамических моделях позволяет сформировать для конкретных геологических условий наиболее эффективную систему разработки. Особенность подхода – одновременный учет динамического изменения характеристик коллектора и системы разработки – позволяет выбрать наиболее оптимальный по технико-экономическим характеристикам вариант разработки залежи, участка или месторождения. В том числе с вариациями залегания запасов нефти по разрезу и с учетом разной степени их выработки.

Последовательно прорабатывая различные характеристики системы разработки методика автора дает возможность постоянно учитывать техногенное влияние на поровое пространство за счет применения зависимости проницаемости от давления, имитирующей влияния техногенных воздействий на свойства породы (без прямого моделирования геомеханических изменений). Система расчетов, предложенная автором, проще и экономичнее для решения задач проектирования разработки, чем прямое геомеханическое моделирование, но требует для уверенного применения стадии опытно-промышленных работ с плотной программой исследований (включая ГДИС и ПГИС).

Практическая значимость – доказанное увеличение текущей нефтедобычи и КИН до 17% при выборе оптимального варианта на моделируемом участке пласта ЮС1 Кочевского месторождения.

Методический подход, изложенный в работе, имеет значительный потенциал для тиражирования на низкопроницаемых коллекторах залежей нефти юрского комплекса, ачимовских отложений и других. Учет динамического преобразования свойств коллектора позволит более качественно оценивать и проектировать как текущие технологические показатели разработки (модель для среднесрочных расчетов), так и конечную величину нефтеотдачи. Методический подход качественно описан и сформулирован, не требует сложных и дорогостоящих специальных исследований коллектора, его ценность – в сопоставимости условий и результатов.

5. Соответствие паспорту специальности

Диссертация Соколова Ильи Сергеевича соответствует паспорту специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки).

Рассматриваемая диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальных задач, имеющих научное и практическое значение для повышения эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов нефтяных месторождений.

6. По диссертации имеются следующие замечания и предложения:

1) В целом утверждение об изменении структуры порового пространства подтверждается результатами эксплуатации залежей. Но есть несколько не учтенных факторов: отклонение проектных и фактических показатели, темпов обводнения и выработки запасов может указывать на недостаточную изученность залежей при подготовке первых проектных документов, что не позволило корректно смоделировать прогнозы добычи и обводнение продукции.

2) Потенциальное влияние изменения среды не оценено в цифровом виде, из раздела 1 не следуют какие-либо количественные оценки возможного изменения среды, которые можно было бы сравнить с объектами, имеющими природную трещиноватость. В нашей стране известны примеры разработки трещинно-поровых и трещиновато-поровых коллекторов, известны характеристики вытеснения, темпы добычи и другие параметры процесса.

3) Применение методики «укорачивания диагностической кривой» в скважинах с низкой проницаемостью коллекторов несет в себе риски утраты «честной» оценки определения контура дренирования и участия в нем трещины авто-ГРП. Сравнение численного моделирования и аналитических методов показали погрешность до 15-18% между методами по отдельным характеристикам каналов НФС. Авто-ГРП присутствует, но точность оценки сопоставима с величиной эффекта.

Приведенные замечания не снижают ценность и значимость диссертационной работы Соколова И.С. как с научной, так и с практической точки зрения, связанной с процессами разработки нефтяных месторождений с низкой проницаемостью коллекторов.

Также к работе имеется ряд предложений для развития научного поиска Соколова И.С.

1) Анализ трассерных исследований на Урьевском и Тевлинско-Русскинском месторождениях доказал наличие общиной сети каналов НФС с проницаемостью отдельных в диапазоне 10-20 Дарси. Условия возникновения сети и анализ влияния давления на ее формирование отсутствует, что делает дальнейший переход к применению зависимости проницаемости пласта от давления не очевидным. Было бы полезно изучить давления нагнетания и совокупную проницаемость среды, чтобы более обоснованно переходить к методике гидродинамического моделирования.

2) Отлично проработана доказательная база повышения коэффициента охвата низкопроницаемых коллекторов при переводе нагнетательных скважин на режим «Авто-ГРП». Приведены примеры промысловых исследований, которые показывают эффект для различных типов разреза, что весьма важно. Так ранее другими авторами были сформулированы постулаты о необходимости режима Авто-ГРП, но зачастую они были ограничены, так сказать, условием «неизбежности». Здесь же автор приводит доказательство условия «обязательности» для всех типов разрезов. Было бы полезно определить границу (диапазон) средней проницаемости пласта, при которой эффект Авто-ГРП теряется за счет высокой доли влияния радиального потока в пористой матрице.

3) Моделирование эффекта авто-ГРП выполнено с применением ключевого слова KVSP (зависимость проницаемости от давления). Было бы полезно на синтетических моделях с различной проницаемостью пластов рассчитать одинаковые варианты разработки и оценить влияние авто-ГРП на добычу (КИН) в зависимости от характеристик пласта. Гипотетически, при достижении проницаемости 50-100 мД эффект от авто-ГРП может снизиться, что определит границу применения системы трещин как часть технологии.

7. Общая оценка выполненной диссертационной работы

Диссертационная работа Соколова Ильи Сергеевича «Геолого-техническое обоснование применения динамического преобразования низкопроницаемого коллектора для повышения нефтеотдачи залежей с трудноизвлекаемыми запасами», является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложено решение актуальной для нефтедобывающей отрасли проблемы - разработки нефтяных месторождений с низкой проницаемостью коллекторов.

Диссертация работа Соколова И.С. соответствует требованиям п.п. 9-11, 13-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённым постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (технические науки).

Я, Аржиловский Андрей Владимирович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент

Кандидат технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, Генеральный директор, ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

А.В. Аржиловский

Адрес: 625000, г. Тюмень, ул. Первомайская, д.50, кв. 44.

Тел.: +7 963 455-1902 Email: ru0000@bk.ru

Подпись Аржиловского А.В. заверяю.
Начальник отдела обеспечения персоналом ООО «ТННЦ» Л.Ф. Воронова
31.08.2023