

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

к.т.н., Калинина Станислава Александровича
на диссертационную работу **Саврея Дмитрия Юрьевича**
на тему «Выравнивание профиля приёмистости паронагнетательных скважин с применением осадкообразующих составов в процессе разработки месторождений высоковязких нефтей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена повышению эффективности площадного паротеплового воздействия и прогрева пласта при разработке месторождений высоковязких нефтей. В условиях роста вовлечения трудноизвлекаемых запасов высоковязких нефтей совершенствование технологий тепловых методов увеличения нефтеотдачи приобретают стратегическое значение. Паротепловое воздействие остаётся наиболее распространённым и технологически отработанным методом извлечения высоковязких углеводородов, однако его эффективность ограничивается неравномерностью охвата теплоносителем и постепенным снижением эффективности процесса. Выполненные промысловые исследования убедительно демонстрируют, что основной поток закачиваемого теплоносителя приходится на прикровельную зону пласта, что приводит к прорыву пара к пологовосходящим добывающим скважинам и снижению конечной нефтеотдачи из-за невыработки запасов. В данном контексте разработка эффективных методов управления фильтрационными характеристиками пласта посредством направленного изменения профиля приёмистости нагнетательных скважин является задачей, безусловно, актуальной как в научном, так и в прикладном аспектах.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения и практические рекомендации автора базируются на существенной экспериментальной и промысловой базе. В работе

обработаны и интерпретированы результаты 37 исследований паронагнетательных скважин Ярегского месторождения, что обеспечивает репрезентативность представленных данных.

Предложенная математическая модель прогрева пласта имеет строгое аналитическое обоснование – её решение получено методом Бубнова-Галеркина, а корректность модели подтверждена сопоставлением расчётных температурных кривых в интервале пласта с результатами термометрии паронагнетательных скважин, что подтверждается удовлетворительной сходимостью расчётных и фактических данных.

Достоверность экспериментальных результатов обеспечена использованием современного лабораторного оборудования и воспроизводимостью данных на трёх независимых моделях пласта. Помимо базового набора методов оценки эффективности потокоотклоняющих технологий автором предложен способ оценки порового объёма, по которому движется нагнетаемый агент. Совокупный анализ полученных экспериментальных данных подтверждает надёжность способа оценки эффективного порового объёма горной породы.

Апробация результатов в виде публикаций в рецензируемых журналах и патентов на изобретения дополнительно подтверждает их обоснованность.

3. Достоверность и научная новизна

В ходе выполнения диссертационного исследования автором получен ряд новых научных результатов:

1. Впервые установлены количественные оценки распределения закачиваемого пара по разрезу пласта при подземно-поверхностной системе термошахтной разработки: в прикровельной зоне на одной из крупных разрабатываемом участке Ярегского месторождения концентрируется 73,8 % закачиваемого теплоносителя, что свидетельствует о безусловном доминировании гравитационной составляющей в механизме фильтрации. Помимо этого, зафиксирован приток теплоносителя из пласта в

остановленные паронагнетательные скважины, указывающие на развитую гидродинамическую связь между скважинами.

2. Предложена и аналитически решена задача о нестационарном температурном поле в пласте при прогреве сверху вниз с учётом конвективного переноса тепла движущейся нефтью. Особенностью полученного решения является его применимость к оценке температурного профиля паронагнетательных скважин в процессе закачки пара.

3. Разработан оригинальный лабораторный экспресс-метод оценки эффективного порового пространства, в основе которого лежит трассерный метод исследования с регистрацией электрического сопротивления жидкости на выходе из модели. По результатам фильтрационных исследований автором обоснован графический метод, позволяющий количественно определить долю пор, участвующих в фильтрации. Способ защищён патентом.

4. Экспериментально верифицирована способность осадкообразующих составов образовывать нерастворимые осадки внутри пор горной породы при поэтапной закачке пара. Показано, что закачка указанных составов в зонально-неоднородную модель приводит к созданию осадочного барьера: его миграции по длине модели пласта и последующей консолидации, результатом чего становится существенный рост фильтрационного сопротивления и увеличение охвата менее проницаемых зон при закачке пара.

4. Практическая значимость работы

Прикладная ценность диссертации состоит в разработке технологического регламента выравнивания профиля приёмистости паронагнетательных скважин, базирующихся на поэтапной закачке трёх реагентов в объёмном соотношении 1:2:1. Акт внедрения результатов диссертационного исследования и патент на изобретение (патент № 2813288) создают основу для промышленного использования на участке месторождения с применением паротепловых методов увеличения нефтеотдачи. Дополнительным практически значимым результатом является

создание лабораторного способа оценки эффективного порового объёма (патент № 2820738), позволяющего на этапе лабораторных исследований оценивать потенциальную эффективность потокоотклоняющих технологий.

5. Оценка содержания диссертации, степени её завершенности и качества оформления

Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выстроенное по классической схеме: от аналитического обзора применяемых методов увеличения нефтеотдачи высоковязких нефтей (глава 1) и промыслового анализа движения закачиваемого теплоносителя в условиях разработки Ярегского месторождения (глава 2) через теоретическое моделирование процесса прогрева (глава 3) к экспериментальному обоснованию предложенного технического решения повышения эффективности разработки (глава 4). Объём работы – 210 страниц, иллюстративный материал представлен 108 рисунками и 12 таблицами, что свидетельствует о высокой степени проработки материала.

В первой главе дан развёрнутый анализ мирового опыта разработки месторождений высоковязких нефтей, включая детальное рассмотрение геолого-технических особенностей Ярегского месторождения. Особое внимание уделено причинам неравномерного охвата пласта тепловым воздействием.

Во второй главе изложены методика и результаты промыслово-геофизических исследований. Важным элементом является участие автора в модернизации скважинного прибора АМТЛМР-32, позволившей повысить надёжность и информативность измерений в высокотемпературных условиях. Предложенный автором удельный коэффициент приёмистости в пределах разрабатываемых участков разработки может служить эффективным диагностическим инструментом для оценки работы нагнетательных скважин.

Третья глава содержит математическую постановку задачи и её аналитическое решение. Достоинством работы является не только получение

простых расчётных формул, но и их верификация по фактическим данным, что повышает практическую ценность модели.

Четвёртая глава представляет экспериментальные исследования. Особого внимания заслуживает детально разработанная методика создания зонально-неоднородных моделей пласта, а также методика резистивиметрического контроля эффективного порового объёма. Полученные количественные результаты по росту фильтрационного сопротивления и коэффициента охвата убедительно доказывают перспективность предложенной технологии.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации. По теме опубликовано 14 печатных работ, включая 9 статей в журналах перечня ВАК и 2 патента на изобретения.

6. Замечания к диссертационной работе

1. Экспериментальное исследование эффективного порового объёма проведено на нескольких моделях пласта с разными теплофизическими свойствами закачиваемого теплоносителя. Как отмечено в работе, эффективный поровый объём может постепенно меняться за счёт изменения структуры порового пространства при закачке воды или пара. При этом стабильность эффективного порового объёма напрямую зависит от сцементированности горной породы, что не отражено в выводах диссертационной работы.

2. Согласно оценке эффективного порового объёма при закачке пара отмечается замедление выхода ионов закачиваемого солевого раствора хлорида натрия в сконденсировавшемся теплоносителе, по сравнению с фильтрационными исследованиями при закачке воды. Этот интересный результат в тексте работы описан слабо. В выводах главы 4 автором отмечены возможные причины «завышения» порового объёма, по которому двигается теплоноситель. Кроме того, не ясно, учитывалось ли влияние температуры

фильтруемой жидкости на электрическое сопротивление раствора, что особенно важно при фильтрации пароводяной смеси.

3. В четвёртой главе автором показано, что при нагреве нефтенасыщенной модели с остаточной водонасыщенностью 7,4 % поровый объём уменьшается на 36,0 % за счёт теплового расширения. Этот эффект, безусловно, важен, однако в эксперименте по довытеснению остаточной нефти после прорыва пара не разделены вклады двух факторов: увеличение коэффициента вытеснения за счёт перераспределения потоков (ООС) и за счёт теплового расширения нефти при повышении температуры. Желательно было бы провести контрольные эксперименты с повышением теплофизических свойств пара без закачки ООС для количественного разделения этих эффектов.

4. В работе слабо рассмотрен вопрос масштабного перехода: от линейной зонально-неоднородной насыпной модели к реальным пластовым условиям. Безусловно, в выводах отмечены рекомендации по применению ООС в промысловых условиях, однако не рассмотрены возможные риски, связанные с закачкой данных составов в паронагнетательную скважину (снижение приёмистости, кольматация, влияние на работу соседних скважин).

Указанные замечания отражают сложность и многогранность экспериментальных задач, решённых в работе, и не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования.

7. Заключение

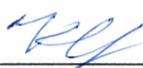
Диссертационная работа Саврея Д.Ю. представляет собой завершённое научное исследование, содержащее обоснованное решение актуальной проблемы повышения нефтеотдачи пластов высоковязких нефтей. Полученные результаты имеют научную новизну и практическую значимость, а предложенные технические решения доведены до уровня, пригодного для промышленного использования.

Работа полностью соответствует критериям пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением

Правительства РФ № 842, а её автор, Саврей Дмитрий Юрьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Начальник отдела специальных исследований
Группа компаний «Газпром нефть»
Исследовательский центр «Геосфера»
кандидат технических наук по специальности
2.8.4 «Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»

 Калинин Станислав Александрович
Дата составления: « 07 » сентября 2026 г.

Я, Калинин Станислав Александрович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Контактные данные: 625033, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Федюнинского, д. 75
Телефон: +7 (902) 648-04-41
E-mail: stasyamb190@gmail.com

Подпись Калинина Станислава Александровича заверяю:



Общество с ограниченной ответственностью «Газпромнефть Научно-Технический Центр»
Исследовательский центр «Геосфера» (ООО «Газпромнефть НТЦ» ИЦ «Геосфера»)
Адрес: 625033, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Федюнинского, д. 75
E-mail: stasyamb190@gmail.com
Тел.: +7(902) 648-04-41