

ОТЗЫВ

официального оппонента

кандидата физико-математических наук Байкина Алексея Николаевича,
на диссертационную работу Изотова Алексея Александровича
«Прогнозирование динамических техногенных трещин
в низкопроницаемом коллекторе при заводнении залежей нефти»
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений

Ознакомившись с представленной диссертацией, ее авторефератом и публикациями соискателя, сообщаю следующее.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность диссертационного исследования обусловлена практической и научной значимостью прогнозирования развития техногенных трещин при заводнении низкопроницаемых коллекторов. Рост протяженности трещин от нагнетательных скважин способен формировать пути быстрого транспорта воды, приводить к ранним прорывам воды в добывающие скважины и снижать эффективность заводнения. Поэтому постановка задачи количественной оценки длины и скорости роста техногенных трещин на временах, сопоставимых с длительностью процесса заводнения, представляется своевременной и востребованной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертации, в целом логически обоснованы и вытекают из выполненного анализа и построенной модели. Обоснованность результатов обеспечивается комплексным подходом, включающим анализ литературных источников, геолого-промысловый анализ объектов Западной Сибири, разработку физико-математической модели роста трещины с учетом гидравлики в трещине, утечек, зависящих от времени процесса и нестационарности поля давления.

Результаты диссертационного исследования апробированы автором на конференциях, форумах и докладывались на семинарах с участием профильных специалистов, опубликованы в ведущих рецензируемых журналах и использованы в производственной деятельности добывающего Общества при расчете параметров системы воздействия.

3. Достоверность и научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором выдвинута гипотеза генезиса техногенного суперколлектора в терригенных отложениях, объединяющая существующие концепции и теории для обоснования причин стремительного обводнения добывающих скважин. Разработана физико-математическая модель, описывающая рост техногенных трещин в процессе закачки воды. Предложена методика учета техногенных трещин при оценке коэффициента охвата и плотности сетки скважин.

Это представляет собой новый научный результат, логично развивает существующие подходы и методы за счет учета дополнительных факторов, что не было сделано ранее. Достоверность результатов обоснована моделированием, сопоставлением с существующими моделями и результатами анализа разработки ряда объектов месторождений Западной Сибири. Результаты апробированы в публикациях и докладах.

4. Значимость полученных результатов для науки и практики

С научной точки зрения важен переход к описанию длительного роста техногенной трещины в режиме заводнения: задача рассматривается как медленная эволюция на масштабах месяцев - лет, показано, что определяющую роль играют динамика утечек и их изменение вследствие загрязнения. С практической точки зрения значимость обусловлена возможностью использовать модель для оценки рациональной приемистости нагнетательной скважины с учетом риска прорыва воды, а также для проектирования требований к качеству закачиваемой. Результаты нашли отражение в научных публикациях, авторском свидетельстве на программу для ЭВМ и производственной деятельности Недропользователя ООО «РН-Уватнефтегаз».

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

Диссертационная работа изложена на 114 страницах машинописного текста, содержит 8 таблиц, 49 рисунков и 2 приложения; список литературы включает 186 наименований. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и списка литературы. Структура работы логична и соответствует поставленной цели и задачам исследования; каждая глава завершается выводами. Автореферат в целом отражает основное содержание диссертации.

Во **введении** обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи, определены объект и предмет исследования, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, а также приведены

основные положения, выносимые на защиту, и сведения об апробации результатов.

В **главе 1** выполнен обзор и сопоставление подходов к описанию путей быстрого транспорта воды в межскважинном пространстве. Показано, что схожие промысловые проявления (стремительный прорыв воды, дискретность порций индикатора при трассерных исследованиях, аномальная гидродинамическая связь и др.) в практике трактуются различными концепциями (суперколлектор, КНФС, струйная фильтрация, техногенные трещины), что приводит к неоднозначности интерпретации и целесообразности разработки унифицирующей концепции.

В **главе 2** рассмотрены факторы, способствующие образованию и росту техногенных трещин при заводнении, и проанализированы существующие подходы к моделированию трещин. Отмечено, что на практике создание забойных давлений выше давления разрыва на 20–25% рассматривается как способ улучшения охвата, но классические модели развития трещины на коротких временах предсказывают остановку роста вследствие утечек. Показано, что для описания роста трещины на длительных временах требуются модели, учитывающие изменение утечек во времени и допускающие условия остановки роста.

В **главе 3** сформулирована и обоснован механизм роста длины техногенной трещины: динамика длины определяется медленным процессом загрязнения породы вблизи трещины и соответствующим изменением утечек. Представлены зависимости снижения проницаемости при фильтрации воды с примесями, введена физико-математическая модель роста трещины (сопряжение гидравлической, фильтрационной и геомеханической частей) и выполнен анализ результатов численного моделирования для различных режимов приемистости и концентраций примесей.

В **главе 4** продемонстрировано применение разработанной модели на примере месторождения Уватского проекта: приведена характеристика выбранного объекта Ю₂₋₄ и исходные геолого-физические параметры, выполнено численное моделирование роста техногенной трещины с целью оценки скорости роста в зависимости от приемистости и выработки практических рекомендаций по оптимизации режима закачки.

В **заключении** обобщены основные результаты исследования, сформулированы выводы по решению поставленных задач и приведены рекомендации по использованию полученных результатов в практике проектирования и мониторинга заводнения низкопроницаемых объектов.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты работы целесообразно использовать при выборе режимов закачки и оценке рациональной приемистости нагнетательных скважин, при обосновании требований к качеству закачиваемой воды и мероприятий по очистке, а также при интерпретации диагностических данных межскважинной связи (включая трассерные исследования) и учете в проектных решениях техногенных трещин.

7. Замечания по диссертационной работе

При общем положительном впечатлении от работы считаю целесообразным отметить ряд замечаний и вопросов, носящих уточняющий характер:

1. Сама концепция растущих гидравлических трещин авто-ГРП на нагнетательных скважинах, которая указана в положениях, выносимых на защиту, не является новой (по крайней мере в сообществе физико-математического моделирования), о чем свидетельствует множество публикаций. Также методы идентификации трещины авто-ГРП по промысловым данным (ГДИС, индикаторные исследования, график Холла, трассерные исследования) являются известными, а формирование трещины авто-ГРП за счет кольматации показывалось и обсуждалось в опубликованных работах (например, диссертация Резникова И.К., МФТИ, 2025; работы M.Sharma с соавторами). Таким образом, данное положение требует более подробного разьяснения и позиционирования среди уже известных результатов.

2. Рассматриваемая в диссертации модель авто-ГРП является достаточно упрощенной в том смысле, что не учитывает влияние работы соседних скважин, и что более важно, эффектов пороупругости (взаимного влияния неоднородностей распределения давления на напряженно-деформированное состояние) в окрестности трещины авто-ГРП. Без соответствующих модификаций модели ее физическая адекватность оставляет вопросы, а практическое применение ограничено.

3. Калибровка зависимости деградации проницаемости/параметра утечек вследствие загрязнения требует более подробного описания процедуры идентификации параметров и оценки неопределенности при переносе на пластовые условия.

4. В диссертации отсутствует сравнение результатов моделирования с известными аналитическими и/или численными решениями, что дает возможность ошибиться при реализации численного алгоритма (даже при имеющихся проведенных базовых тестах на сходимость решения).

8. Заключение

Диссертационная работа Изотова Алексея Александровича «Прогнозирование динамических техногенных трещин в низкопроницаемом коллекторе при заводнении залежей нефти» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная задача прогнозирования развития техногенных трещин при заводнении низкопроницаемых коллекторов. Диссертация соответствует критериям пп. 9-14, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Старший научный сотрудник
ФГБУН «Институт гидродинамики
им. М.А. Лаврентьева СО РАН», Байкин Алексей Николаевич
кандидат физико-математических наук по специальности 01.02.05
Механика жидкости, газа и плазмы
15 мая 2026 г.

Я, Байкин Алексей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

 А.Н. Байкин

Контактные данные:
Байкин Алексей Николаевич
кандидат физико-математических наук по специальности
01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы,
Старший научный сотрудник
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН»,
Адрес места работы: 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 15;
тел./факс: +7-960-779-31-96
e-mail: abaykin@hydro.nsc.ru

Подпись Байкина А.Н. заверяю:
Начальник отдела кадров



 Батина Марина Кирилловна