

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Филиппова Евгения Владимировича «Исследование и анализ процесса трещинообразования при гидравлическом разрыве карбонатных коллекторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация Е.В. Филиппова «Исследование и анализ процесса трещинообразования при гидравлическом разрыве карбонатных коллекторов» посвящена проблематике проведения ГРП для интенсификации добычи нефти из сложнопостроенных карбонатных залежей, а также определению прогнозных дебитов и пластовых давлений в таких пластах-коллекторах на основе применения методов статистической обработки промысловых данных и искусственного интеллекта.

В условиях непрерывного ухудшения структуры запасов углеводородов проведение мероприятий по интенсификации притока является одним из ключевых инструментов повышения эффективности разработки месторождений. Гидравлический разрыв является методом интенсификации притока, обеспечивающим наибольшие (в среднем) объемы дополнительно добываемого флюида. Однако значительная стоимость проведения мероприятия в совокупности с высокими рисками неполучения запланированного прироста дебита обуславливают необходимость детального планирования указанного вида воздействия, что обуславливает актуальность тематики диссертационного исследования.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается детальностью выполненных исследований, привлечением значительного объема фактического материала, включающего материалы промыслово-технологических, геофизических и гидродинамических исследований скважин, согласованностью с результатами научных исследований российских и зарубежных специалистов.

Так, достоверность воспроизведения пластового давления по всем скважинам оценена при сопоставлении фактических и рассчитанных значений,

как по отдельным скважинам, так и по всем фонду. Пространственное размещение зон развития трещин, оцененное по косвенной методике, подтверждено сходимостью с данными мониторинга ГРП геофизическими методами.

Выводы диссертационного исследования соответствуют сформулированным задачам, поставленную цель следует считать достигнутой. Результаты диссертационного исследования Е.В. Филиппова прошли успешную апробацию, в том числе доложены на научных конференциях, опубликованы в виде научных статей в высокорейтинговых научных изданиях.

**Научная новизна диссертационного исследования.** Выводы диссертационного исследования Е.В. Филиппова характеризуются несомненной научной новизной.

Проблематика проведения гидравлического разрыва в терригенных коллекторах рассмотрена в многочисленных российских и зарубежных работах, в то время как особенности проведения данного вида воздействия в карбонатных коллекторах со сложным типом пустотности изучены в недостаточной степени. Также следует отметить подход, используемый соискателем в ходе диссертационного исследования: впервые изучение процесса формирования трещин гидроразрыва выполнено не на основе теорий геомеханики, а с использованием фактических промысловых данных, практическое определение которых не является проблематичным. Данный подход исключает неточности и погрешности оценки геомеханических параметров, что особо актуально для условий сложнопостроенных карбонатных коллекторов с динамичным строением пустотного пространства. При этом полученные результаты не противоречат основным законам и положениям геомеханики.

К основным научным результатам диссертационного исследования следует отнести:

- подход к определению дебитов скважин в условиях сложнопостроенных карбонатных коллекторов, основанный на построении многомерных статистических моделей;
- установленный факт ориентирования трещины, формирующейся при гидравлическом разрыве, в зону максимального пластового давления, для одномоментного воспроизведения которого



использован оригинальный подход, основанный на применении методов машинного обучения;

- установленное различие в строении трещин, образующихся при ГРП, признаки и условия формирования трещин различного строения.

Все полученные соискателем решения соответствуют выделенной проблеме, что подчеркивает их достоверность.

#### **Значимость полученных автором результатов для науки и практики.**

По мнению оппонента, результаты диссертационного исследования характеризуются теоретической и практической значимостью.

Значимость для теории разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений обусловлена следующими положениями:

- установленный факт существования принципиально различных условий притока жидкости к скважинам в пределах одной залежи, представленной сложнопостроенным карбонатным коллектором;
- научно-методологические аспекты, характеризующие процесс формирования трещин при гидравлическом разрыве карбонатных коллекторов с различным типом пустотности.

Применение научных выводов и результатов диссертационного исследования позволит повысить эффективность планирования ГРП в рассматриваемых условиях, что представляет собой практическую значимость работы, подтвержденную наличием соответствующего акта внедрения. Следует также отметить, что соискателем получен патент РФ на разработанную методику определения ориентации трещины ГРП, что также подтверждает важность полученных методических решений для науки и практики разработки нефтегазовых месторождений.

**Оценка содержания диссертации, степени ее завершенности и качества оформления.** Содержание диссертации отражено во введении, пяти главах и заключении, списке источников и двух приложениях. Общий объем работы составляет 122 страницы машинописного текста.

Автореферат отражает содержание диссертации. Текстовый материал изложен на высоком уровне, хорошо воспринимается. Таблицы, формулы и рисунки также качественно оформлены. Поставленная цель и сформулированные задачи полностью достигнуты, диссертация является законченной научно-исследовательской работой.

**Замечания по работе.** К диссертационной работе имеется ряд замечаний:

1. Автор предлагает использовать разработанные многомерные статистические модели дебитов жидкости в качестве уравнений притока. Однако в некоторых уравнениях отсутствуют показатели, которые, исходя из известных представлений теории разработки нефтяных и газовых месторождений, управляют притоком. Например, только одно уравнение включает и пластовое, и забойное давления. В остальных случаях в уравнениях используется только одно из давлений. Так же из статистических зависимостей следует, что для скважин с максимальным дебитом отсутствует параметр, характеризующий трещиноватость, хотя, как показывает практика, для трещинно-поровых коллекторов, обычно, наибольшее значение имеет, именно, проницаемость трещин. Данные факты следует пояснить.
2. Вызывает вопросы корректность некоторых терминов. Так, автор использует понятие «геометрия трещины». По мнению оппонента, данный термин не совсем уместен в контексте решаемой задачи. Термин «строение трещин», в единичных случаях используемый соискателем, следует считать более корректным.
3. В одной из первых глав соискатель планирует дифференцировано оценивать вклад химической и гидродинамической составляющей разрыва карбонатных пород, однако в дальнейшем данный аспект не рассматривается.
4. Для оценки направления трещин соискателем используется косвенная методика оценки пространственного направления формирования трещин ГРП. Очевидно, данная методика имеет ограничения в практическом применении, которые в работе не представлены. Также автору можно было воспользоваться данными микросейсмического мониторинга, который позволяет определить реальное направление трещины ГРП. Если такие исследования отсутствовали на изучаемом месторождении тогда, для примера, можно было рассмотреть несколько таких операций ГРП и микросейсмических исследований на месторождениях-аналогах и сопоставить с результатами определения направления трещин согласно методике, предложенной соискателем.

5. На взгляд оппонента, коэффициенты корреляции для данных, представленных на рис. 4.11, 4.12 следовало сопоставлять с функцией равных значений ( $y = x$ ), т.к. основной смысл проведенного анализа заключался в определении отклонений прогнозных значений пластовых давлений от реальных. В таком случае данный анализ выглядел бы более объективно.

В целом указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации Е.В. Филиппова.

**Заключение.** Диссертация «Исследование и анализ процесса трещинообразования при гидравлическом разрыве карбонатных коллекторов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует всем требованиям, предъявляемым «Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ», а ее автор, Филиппов Евгений Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

**Официальный оппонент**

заведующий лабораторией, главный научный сотрудник лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта Института проблем нефти и газа РАН, доктор технических наук (25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений)

*Согласен на включение персоналий, связанных с работой диссертационного совета*

Контактные данные. Почтовы, 119333, г. Москва, ул. Губкина, д. 4  
Телефон: +7 (499) 135-54-63  
E-mail: [popov@ipng.ru](mailto:popov@ipng.ru)

Попов Сергей Николаевич

и, связанные с

Подпись Попова Сергея Николаевича заверяю.

