

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

по диссертационной работе Чухлова Андрея Сергеевича

на тему «Динамика фильтрационных характеристик карбонатных коллекторов с различной структурой пустотного пространства», представленной к защите в диссертационный совет ДПНИПУ.05.15 на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

1. Актуальность тематики диссертационной работы

Диссертационная работа Чухлова Андрея Сергеевича посвящена изучению строения пустотного пространства карбонатных коллекторов, а также установлению закономерностей формирования фильтрационных свойств и притока жидкости с учетом установленных особенностей строения пустотного пространства.

Тематику диссертационного исследования, безусловно, следует считать актуальной, поскольку главная характеристика карбонатных коллекторов – сложное строение пустотного пространства, в значительной степени влияет на реализацию всех процессов нефтедобычи из приуроченных к ним залежей. Несмотря на большое количество научных исследований в области изучения карбонатных коллекторов, ряд вопросов следует считать раскрытыми не в полной мере, что, в конечном счете, обуславливает недостаточную эффективность геологического и гидродинамического моделирования, проектирования и разработки карбонатных залежей в целом. В частности, недостаточно изучены закономерности поведения фильтрационных свойств карбонатов с различным строением пустотного пространства в процессе извлечения содержащихся в них углеводородов. Как следствие, недостаточно достоверными являются все гидродинамические расчеты, основанные на использовании главной фильтрационной характеристики – проницаемости коллектора. Рассмотрение

перечисленных вопросов в диссертационной работе Чухлова Андрея Сергеевича указывает на актуальность ее тематики.

2. Новизна исследования и полученных результатов диссертации

По мнению оппонента, научной новизной исследования и его результатов являются:

1. Установленные соискателем различия в строении пустотного пространства карбонатных коллекторов: в работе продемонстрировано, что при практически идентичном мономинеральном составе матрицы горных пород пустотное пространство формируется дифференцированно для различных тектонических районов.

2. Полученные количественные оценки темпов снижения проницаемости каждого из объектов исследования, а также установленные автором зависимости темпов снижения проницаемости от размеров пустот и их формы. Следует отметить, что отмеченные результаты получены соискателем благодаря удачному комплексированию двух принципиально различных методов исследования – гидродинамических исследований скважин и лабораторных исследований керна методом рентгеновской томографии.

3. Разработанные соискателем многомерные статистические модели дебитов демонстрируют дифференцированные условия формирования притока жидкости в рассматриваемых карбонатных коллекторах, что доказывает выраженное влияние строения и свойств их пустотного пространства на все технологические процессы извлечения углеводородов.

3. Значимость полученных результатов для науки и практики

Значимость результатов диссертационного исследования Чухлова Андрея Сергеевича обуславливается следующими аспектами:

Соискателем впервые, на основе статистической обработки промысловых данных, получены уравнения, характеризующие изменение проницаемости карбонатных коллекторов с различным типом пустотности, которое происходит в процессе извлечения приуроченных к ним углеводородов.

В работе продемонстрированы принципиальные отличия в строении пустотного пространства, в формировании фильтрационных свойств и притока жидкости применительно к карбонатным коллекторам одного геологического возраста, расположенных разных тектонических условиях. Как следствие, следует вывод о нецелесообразности применения распространенной в настоящее время практики тиражирования различных результатов без учета влияния тектонического фактора.

Следует отметить, что все полученные в диссертационной работе уравнения, характеризуются минимальным набором исходных данных, практическое определение которых не вызывает особых затруднений, что обуславливает целесообразность их практического применения и, как следствие, практическую значимость результатов всего диссертационного исследования.

Также необходимо отметить, что в тексте диссертационной работы представлен акт внедрения, что также подчеркивает ее практическую значимость.

4. Обоснованность и достоверность основных положений, результатов и выводов диссертации

Положения, выводы и результаты диссертационного исследования следует считать обоснованными и достоверными, что, в первую очередь, обуславливается широким перечнем использованных методов.

Обзорная глава диссертационной работы включает анализ большого количества российских и зарубежных современных научных публикаций, что свидетельствует о проработке и объективной оценке разработанности проблематики исследования.

Выводы об особенностях строения пустотного пространства получены при комплексировании различных современных методов лабораторных исследований керна, в том числе сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской томографии керна и подвержены материалами геофизических и гидродинамических исследований скважин.

Основной математический инструмент, использованный в диссертационной работе – множественный регрессионный анализ, использован вполне корректно. В работе уделено значительное внимание анализу построенных статистических моделей. Все разработанные уравнения снабжены необходимыми статистическими оценками, демонстрирующими их работоспособность, дополнены информацией об интервалах применимости.

5. Апробация и подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 8 рецензируемы научных изданиях, в том числе четыре статьи опубликованы в журналах, индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science.

Апробация диссертационного исследования прошла на многочисленных конференциях различного уровня, конкурсах.

6. Замечания

Необходимо отметить замечания и вопросы к диссертационной работе:

1. Хорошо известно, что карбонатные коллектора обладают сильной неоднородностью порового пространства. Однако вывод о распределении пор и характеристиках пустотного пространства, полученных при помощи рентгеновской микротомографии, для каждого из трех месторождений (Винниковского, Софьинского и имени Сухарева) был сделан на основе анализа только одного образца. Необходимо было увеличить количество образцов и

показать наличие воспроизводимости распределения пор по размерам или сделать вывод о его отсутствии.

Также для рентгеновской компьютерной томографии и электронной микроскопии необходимо уточнить размер образцов, подвергнутых сканированию. Непонятно о каком масштабе в итоге идет речь (разделы 3.1.3 и 3.1.4).

2. На рисунках 3.24 – 3.26 представлены фильтрационные характеристики, полученные при помощи кривой восстановления давления. Хорошо известно, что проницаемость поровых пространств, присущих карбонатам, имеет тензорную природу. Таким образом, о какой компоненте проницаемости идет речь в рассуждениях главы 3.3.2?

3. Согласно рисункам 3.24 – 3.26, наименьшей проницаемостью обладают образцы из Винниковского месторождения, средней – Софьинского месторождения и наибольшей – из месторождения имени Сухарева. Однако в работе отсутствует анализ взаимосвязи между емкостными характеристиками, описываемыми в таблицах 3.1 и 3.2, и фильтрационными свойствами. Для взаимосвязи между масштабом рентгеновской томографии и масштабом, связанным с кривой восстановления давления, необходимо было провести расчетные измерения проницаемости с помощью математического моделирования, например, при помощи используемой в работе программы AVIZO.

4. В главе 3 сделан вывод о том, что связь между проницаемостью и прикладываемым давлением определяется структурой порового пространства. На стр. 83 также приведены соответствующие аналитические формулы. Однако связь между проницаемостью и прикладываемым давлением также может зависеть от геомеханических свойств матрикса рассматриваемых образцов, данный фактор не учитывается в изложенных рассуждениях. К тому же, как показали данные электронной микроскопии, химический состав матрикса различен.

5. Из работы не совсем ясно, как данные, полученные при помощи электронной микроскопии (разделы 3.1.4 и 3.2) и геофизических исследований, участвуют в анализе результатов главы 3.3.2 и формулировании общих выводов по главе 3. Из моего анализа работы сложилось впечатление, что результатов, полученных при помощи рентгеновской томографии вполне достаточно.

6. В таблицах 4.1, 4.4 и 4.10 выделены статистически значимые связи. По какой причине статистическая связь с другими, выделенным красным параметрами, отсутствует? Как уровень значимости p повлияет на коэффициент детерминации в уравнениях 4.1 и 4.2?

7. Из работы неясно, каким образом проведено увеличение коэффициента R , описывающего силу статистических связей.

Отмеченные недостатки не снижают высокой положительной оценки диссертационной работы Чухлова А.С.

7. Заключение

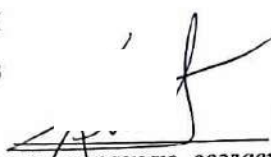
На основании изучения диссертации Чухлова Андрея Сергеевича можно сделать вывод, что поставленные в ней цель и задачи достигнуты, работа представляет собой законченную научно-квалификационный труд, в котором излагаются научно-обоснованные рекомендации по изучению фильтрационных свойств сложнопостроенных карбонатных коллекторов и дебитов скважин в рассматриваемых условиях.

Считаю, что диссертация *«Динамика фильтрационных характеристик карбонатных коллекторов с различной структурой пустотного пространства»*, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности *1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений*, соответствует требованиям раздела 2 «Порядка присуждения учёных степеней в ПНИПУ» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», принятого на заседании Ученого совета ПНИПУ, протокол №3 от 25 ноября 2021 г. и утвержденного ректором ПНИПУ 09.12.2021 г., а ее автор – Чухлов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

**Официальный
оппонент**

кандидат физико-
математических наук,
доцент кафедры
математических методов
в геологии



Закиров Тимур Рустамович

Я, Закиров Тимур Рустамович, выражаю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Сведения об официальном оппоненте:

Закиров Тимур Рустамович, кандидат физико-математических наук (01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), доцент кафедры математических методов в геологии ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (г. Казань).

Контактные данные:

Почтовый адрес организации – места работы:

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18

Телефон:

E-mail: tirzakirov@kpfu.ru

Подпись Закирова Тимура Рустамовича заверяю:



Заверяю **Л.Р. Фаттахова**

