

## ОТЗЫВ

официального оппонента **Юрия ОЛЕГОВИЧА Кузьмина**  
на диссертационную работу **Сергея Николаевича Попова** на тему  
**«Аномальные проявления механико-химических эффектов при  
разработке залежей нефти и газа»**, представленную на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности 25.00.17 – **«Разработка  
и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**

**Актуальность темы диссертационной работы** заключается в том, что современные методы интенсификации добычи нефти и газа диктуют необходимость не только детального рассмотрения динамики деформационно-прочностных и фильтрационно-емкостных характеристик пластов-коллекторов, но и установления взаимодействия механических и химических факторов, которое зачастую бывает нелинейным. Взаимосвязанное изучение взаимодействия литостатического напряженного состояния с локальным полем напряжений, обусловленное, например, проявлением эффекта Ребиндера, приводит к пространственно-временному изменению физико-механических свойств пласта и, особенно, околоскважинной зоны. Именно подробному рассмотрению этих явлений и практическим приложениям по учету механо-химических эффектов при разработке месторождений УВ посвящена диссертационная работа, что подтверждает ее актуальность.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации подтверждается:**

- обстоятельным и детальным обзором современного состояния исследований по теме диссертационной работы;
- применением сертифицированного экспериментального оборудования для изучения влияния механико-химических эффектов на фильтрационно-емкостные и деформационно-прочностные свойства пласта-коллектора и

использованием образцов керна, извлеченных из конкретных продуктивных объектов:

- использованием в лабораторных экспериментах флюидов с реальным химическим составом;
- эффективностью используемых численно-аналитических методов для построения моделей вариаций свойств породы при фильтрации физико-химически активных жидкостей и воздействии напряжений;
- приложением разработанных научно-методических приемов для численного моделирования реальных сценариев динамики приемистости нагнетательных скважин;
- апробацией результатов исследований, проведенных в диссертационной работе, на многочисленных научных конференциях и семинарах, а также публикацией основных научных положений в рецензируемых научных журналах по соответствующей тематике.

#### **Достоверность и новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Сформулированные в диссертации научные положения, а также выводы и рекомендации, основаны на экспериментальных данных, которые получены с использованием передовых и скрупулёзно проведенных методов исследований, таких, например, как аналитические и численные методы в области механики неоднородных сред, механо-химических процессов и эмпирических обобщений лабораторных исследований в области физико-химической механики нефтегазового пласта; современных статистических методов обработки и анализа экспериментальных данных.

Достоверность и новизна решения основных задач исследований подтверждаются результатами экспериментов, которые выполнены в соответствии с утвержденными методиками, стандартами и регламентами на

сертифицированном лабораторном оборудовании. Уровень и значимость технических решений подтверждается тремя патентами РФ на изобретения.

В целом, следует отметить, что научная новизна результатов, полученных в диссертационной работе, аргументировано и подробно обоснована. Среди наиболее значимых научных результатов необходимо отметить следующие:

- 1) Обнаружены аномальные изменения фильтрационно-емкостных и физико-механических свойств при совместном воздействии переменных напряжений с фильтрацией маломинерализованных вод (карбонатные коллекторы) или глинокислотных агентов (терригенные коллекторы);
- 2) обоснован комплекс современных методов лабораторного моделирования процессов совместного влияния фильтрации физико-химически активных жидкостей и изменяющихся эффективных напряжений на техногенные изменения природных фильтрационно-емкостных и механических свойств пласта;
- 3) сформулирован авторский подход к обоснованию механизма изменений природных свойств пород-коллекторов месторождений УВ в результате протекания механико-химических эффектов при искусственном флюидонасыщении карбонатных коллекторов и кислотной обработке терригенных коллекторов;
- 4) проведены оценки влияния механико-химических явлений на изменение напряженно-деформированного состояния околоскважинной зоны пласта и, обусловленной этим изменение производительности скважин при воздействии меняющихся эффективных напряжений с одновременной фильтрацией пресных вод и кислотной обработкой пласта.

**Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы**

Научная значимость результатов диссертации представляется в разработанной автором научно-методической основы для изучения техногенных изменений фильтрационно-емкостных и механических свойств пород-коллекторов с учетом возникающих в процессе эксплуатации месторождений механо-химических явлений.

Практическая значимость результатов диссертации заключается в формулировке принципов использования полученных результатов, для прогнозирования возможных вариаций фильтрационно-емкостных и механических свойств пород-коллекторов, а также оценки эффективности работы скважин при искусственном заводнении и кислотных обработках продуктивного пласта.

Это, в первую очередь, разработанные модели изменения проницаемости трещин при фильтрации пресной воды и вариациях эффективных напряжений, включая аналитическую модель воздействия глинокислотного реагента на продуктивный пласт.

Большой научно-практический интерес представляют также разработанные алгоритмы моделирования гранулярного коллектора при длительной фильтрации пресной воды и изменяющихся эффективных напряжениях; принципы моделирования терригенного коллектора порового типа при кислотном воздействии и моделирования трещиноватого карбонатного коллектора под воздействием фильтрации пресной воды и эффективных напряжений в процессе длительной разработки залежи.

#### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные в диссертационной работе практические результаты могут быть с успехом использованы отечественными нефтяными компаниями при прогнозе техногенных изменений фильтрационно-емкостных и механических свойств пород-коллекторов в процессе эксплуатации месторождений УВ, и оценке технологических показателей работы скважин при искусственном

заводнении и кислотных обработках продуктивных пластов.

Предлагаемые диссертантом научно-методические подходы, безусловно, имеют дидактическую значимость и могут быть рекомендованы при чтении лекционных курсов в ВУЗах соответствующей тематики.

### **Оценка содержания диссертации и степени ее завершенности**

По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, включающего 385 наименований. Общий объем работы составляет 364 страницы, включая, 157 рисунков, 31 таблицу. Результаты исследований, включенные в диссертацию, опубликованы в 76 печатных работах. Из них 44 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и опубликованным работам.

В целом диссертация Попова С.Н. является завершенной научно-квалификационной работой. Ее результаты и выводы, полностью вытекают из обоснованной актуальности проблемы, а также сформулированных, на этой основе, цели и задач исследования. Текст диссертационной работы изложен последовательно и аргументировано. Каждая глава диссертации сопровождается подробными выводами. Диссертация оформлена аккуратно, сопровождается обстоятельным обзором состояния изученности проблемы и включает большой объем использованных иностранных публикаций. Многочисленные рисунки и табличные материалы выполнены доходчиво и подробно.

### **Замечания**

К диссертационной работе С.Н. Попова имеется ряд замечаний.

1. В приведенном в диссертации обстоятельном обзоре современного состояния изученности проблемы, к сожалению, отсутствуют ссылки на многочисленные работы Н.В. Перцова и В.Ю. Траскина, учеников П.А. Ребиндра, в которых рассмотрен ряд важных закономерностей влияния

механо-химических явлений на упругие и транспортные свойства горных пород. Тем более, что в этих работах детально изучаются вопросы образования и развития трещин в горных породах при воздействии химически активных веществ.

2. В работе используется пороупругая модель в трактовке Егера-Кука. Однако, в современных исследованиях повсеместно используется пороупругая модель Райса-Клири, в которой использованы представления о «дренированных» и «недренированных» упругих коэффициентах. Эта модель, по мнению оппонента, существенно лучше подходит для построения механизма формирования механо-химических явлений применительно к трещиноватым коллекторам.

3. В диссертации при проведении моделирования используются только геометрические параметры трещин. Однако, если ввести в модель коэффициенты сцепления и интенсивности напряжений, то она лучше бы соответствовала различным режимам нагружения и степени воздействия химических реагентов.

### **Заключение**

Несмотря на сделанные замечания, следует отметить, что диссертационная работа «Аномальные проявления механико-химических эффектов при разработке залежей нефти и газа» отвечает критериям, утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (п. 9-14) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (ред. от 01.10.2018г.), содержит значительную долю научной новизны и практической значимости, ее результаты уже сегодня можно рекомендовать для внедрения в практику. Диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, а ее автор Сергей Николаевич Попов заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 25.00.17 - «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

**Официальный оппонент:**

Кузьмин Юрий Олегович, доктор физико-математических наук (Специальность 25.00.10 – «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых»), профессор, заведующий отделением разведочной геофизики и прикладной геодинамики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Физики Земли им. О. Ю. Шмидта Российской Академии Наук.

Рабочий адрес: 123242, Москва, ул. Большая Грузинская, д. 10, стр. 1.

Телефон: +7 (499) 766-26-56

e-mail: [kuzmin@ifz.ru](mailto:kuzmin@ifz.ru)

Я, Юрий Олегович Кузьмин, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

Дата: 28 февраля 2020 г.

/Кузьмин Ю. О./