

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Тюменский нефтяной

научный центр» (ООО «ТННЦ»),

кандидат технических наук



Андрей Владимирович Аржиловский

« 16 » февраля 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Общества с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр» (ООО «ТННЦ») на диссертационную работу Белозерова Ивана Павловича по теме «Разработка технологии цифрового моделирования ядра для определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.4. «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

1. Актуальность темы диссертационной работы.

С ростом доли трудноизвлекаемых запасов нефти, приуроченным к рыхлым, слабосцементированным, низкопроницаемым и другим «проблемным», с точки зрения проведения керновых исследований, коллекторам в научном сообществе всё больше возрастает интерес к технологиям цифрового моделирования ядра.

Существующие технологии цифрового моделирования ядра являются востребованными и развивающимися, а в перспективе позволят решать целый ряд задач, связанных с исследованиями кернового материала.

Актуальность развития технологии цифрового моделирования керна, прежде всего, определяется необходимостью моделирования порового пространства цифровой модели керна, необходимого для успешной имитации фильтрационных процессов в пористой среде пласта при недостаточном количестве керна для проведения исследований или при полном его отсутствии.

2. Значимость для науки результатов диссертационной работы.

Научную составляющую диссертационной работы составляет в первую очередь, обоснование этапов моделирования порового пространства цифровой модели керна, необходимые для моделирования фильтрационных процессов, на основе методов стохастической упаковки и молекулярной динамики.

В работе было экспериментально проведено определение абсолютной газопроницаемости физических стандартных образцов керна терригенного песчаника Berea Sandstone и определение вычисленной абсолютной газопроницаемости тех же образцов на цифровой модели керна.

Определено отклонение вычисленных значений абсолютной газопроницаемости от абсолютной газопроницаемости, определенной экспериментально. Среднее отклонение $\Delta K/K$ составило 11,67%.

3. Значимость для производства результатов диссертационной работы.

Предложенная автором технология определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов с применением цифровой модели керна позволяет повысить эффективность прогнозирования фильтрационно-емкостных характеристик пород-коллекторов нефти в процессе выполнения керна исследований.

Представленные в работе результаты исследования по созданию цифровых моделей керна терригенных пород-коллекторов нефти Тимано-Печорской провинции с дальнейшим определением по ним открытой

пористости и абсолютной газопроницаемости на физических образцах и на цифровой модели керна показали хорошую сходимость.

Среднее отклонение при определении открытой пористости по четырем образцам составило 5,48 %. Среднее отклонение при определении абсолютной газопроницаемости составило 12,53 %.

Результаты выполненных автором исследований послужили составной частью научного проекта РФФИ № 16-29-15116 «Разработка математического и программного обеспечения на основе методов молекулярной динамики для виртуального моделирования керна на Супер ЭВМ с целью прогнозирования основных параметров фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов нефти и газа».

4. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Результаты исследования, полученные автором диссертационной работы, рекомендуется использовать в научно-технических центрах и проектных институтах при выполнении комплексных исследований керна.

Использование подходов и технологий, разработанных автором диссертационной работы позволит эффективно уточнять и дополнять расчетные параметры, получаемые в ходе исследований рыхлых, слабосцементированных, низкопроницаемых коллекторов, что особенно актуально в процессах разработки шельфовых месторождений и залежей Баженовской свиты.

5. Публикации, отражающие основное содержание диссертации.

Основные результаты диссертационной работы прошли апробацию в виде открытых публикаций, выступлений на международных и всероссийских конференциях. По теме диссертационной работы опубликовано 16 научных трудов, из них 3 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 6 публикаций в изданиях, включенных в международную реферативную базу цитирования Scopus.

6. Общая оценка диссертационной работы

Диссертационная работа Белозерова И.П. относится к стремительно развиваемому в настоящее время направлению цифровых исследований горных пород («Цифровой керн» (ЦК)). Тема исследований охватывает часть данной технологии и состоит согласно названию диссертации в «разработке технологии цифрового моделирования керна для определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов».

Основной подход при создании цифровой модели керна – это сегментация томографических изображений. Как показывает опыт применения технологии ЦК, такой подход может быть весьма чувствительным к настройкам соответствующих алгоритмов, а сама томография зачастую не может обеспечить достаточное разрешение для детализации пустотного пространства. В этой связи необходимо развивать альтернативные подходы к реконструкции пустотного пространства горной породы.

Опыт применения технологии ЦК также свидетельствует о необходимости развивать и методы численного моделирования течений в пустотном пространстве горных пород. Это следует, например, из того, что разные подходы к моделированию течений, в ряде случаев, дают совершенно разные результаты определения.

Учитывая вышесказанное, можно уверенно говорить о том, что тема диссертационного исследования является актуальной.

Диссертационная работа плохо структурирована, возможно необходимо было выбрать иную последовательность изложения материала.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отметить:

1. В главе 1, раздел 1.1 ошибочно указано, что в РФ первая лаборатория цифрового моделирования открылась в 2016 году, в то время как работы в этом направлении проводились намного раньше (использование поровых моделей по данным микротомографии - МГУ Корост Д.В. и др. с 2010 года, Московский офис Шлюмберже с 2009 года).

2. Исходя из цели диссертационной работы автором разработаны технические решения для определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов и геолого-информационного обеспечения успешной имитации процессов, протекающих в пласте. При этом результаты определения фильтрационно-емкостных свойств (открытая пористость, абсолютная газопроницаемость) эксплуатируемых коллекторов нефти и газа представлены лишь для 4 образцов керна терригенных пород-коллекторов нефти Тимано-Печорской провинции, что не делает данную выборку в достаточной степени представительной.

3. В работе приведены результаты определения абсолютной газопроницаемости физических образцов керна терригенного песчаника Berea Sandstone и образцов керна терригенных пород-коллекторов нефти Тимано-Печорской провинции, получены графики изменения проницаемости цифровой модели керна в зависимости от температуры по структурам, представленным плотной стохастической упаковкой микрочастиц и структурам смоделированным методом молекулярной динамики. При этом автором никак не рассматривался вопрос определения относительных фазовых проницаемостей в системе нефть-вода и определения коэффициентов вытеснения нефти с применением цифровой модели керна.

4. В разделе 1.3 автор ошибочно утверждает о точном определении гранулометрического состава горных пород методом лазерной дифракции, точность определения гранулометрического состава зависит в первую очередь от пробоподготовки, и чем выше консолидация пород, тем труднее достоверно разделить зерна.

5. В разделе 4.1 «Анализ геофизических данных нейтронного каротажа для установления зависимости проницаемости по керну от пористости по ГИС в целях применения в цифровой модели керна» выполнено сопоставление коэффициентов проницаемости по нефти, определенных на керновом материале от пористости по ГИС, а также вычисленные проницаемости. При этом автор констатирует, что показатели имеют хорошую

сходимость. Однако судя по графику (стр. 92) коэффициент детерминации составляет 0,6013, что не позволяет считать сходимость высокой.

6. В разделе 4.2 «Анализ возможностей использования данных ГИС в целях применения в цифровой модели керна» отсутствуют результаты применения рассмотренных автором методов геофизических исследований скважин при цифровом моделировании керна.

7. В главе 4 отсутствует сопоставление с результатами традиционной технологии интерпретации ГИС по рассматриваемым скважинам, что не позволяет однозначно говорить о преимуществах технологии цифрового моделирования над традиционной технологией которая, использует зависимости «кern-кern» и «кern – ГИС».

8. В разделе 3 автор указал, что формула 3.1 позволяет рассчитать абсолютную проницаемость по газу, что не верно.

Сделанные замечания имеют стилистический, технический и дискуссионный характер, не касаются защищаемых положений и не снижают общую оценку диссертации.

7. Заключение

Диссертационная работа Белозерова Ивана Павловича на тему «Разработка технологии цифрового моделирования керна для определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов» представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу и соответствует требованиям пп.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук ВАК Минобрнауки РФ

Диссертационное исследование является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в экспериментальной зависимости проницаемости по флюиду, определенные на керновом материале, от пористости по ГИС, которые могут быть использованы для прогнозирования проницаемости

терригенных коллекторов по нефти при цифровом моделировании керна, и имеет большое значение для развития нефтегазовой отрасли.

Диссертация соответствует специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа рассмотрена и обсуждалась на расширенном заседании Экспертно-аналитического управления ООО «Тюменский нефтяной научный центр», научно-исследовательская деятельность которого соответствует тематике диссертации соискателя, протокол № 04-1 от 9 февраля 2022 г.

Ученый секретарь

Экспертно-аналитического управления

ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

кандидат технических наук (по специальности 25.00.17 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»)

Галикеев Руслан Маратович

10.02.2022

Общество с ограниченной ответственностью
«Тюменский нефтяной научный центр»,
625000, Россия, Тюменская область, г. Тюмень,
ул. Максима Горького, д.42.

Контактный телефон: +7 (3452) 52–90–90.

E-mail: tnnc@rosneft.ru

Офиц. сайт: <http://tnnc.ru/>

Подпись Галикеева Руслана Маратович заверяю:

Вручила специалисту
10.02.2022

