

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет» доктор геолого-минералогических наук, профессор


С.В. Аплонов

«13» сентября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Ялаева Тагира Рустамовича «Методика построения обобщенных моделей эффективных упругих и тепловых свойств пород с учетом их внутренней структуры и флюидонасыщения» по специальности 25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Актуальность исследований. Объект и предмет исследований

Диссертация Т.Р. Ялаева посвящена вопросам установления связей между эффективными упругими и тепловыми свойствами горных пород и определения одних свойств через другие. Исследование этих вопросов актуально в силу увеличивающегося интереса со стороны нефтегазовой индустрии к использованию тепловых методов увеличения нефтеотдачи (МУН) пласта. Тепловые МУН используются, во-первых, для увеличения коэффициента извлечения нефти, во-вторых, для освоения трудно-извлекаемых запасов вязкой тяжелой нефти. Согласно документу «Энергетическая стратегия России на период до 2035 года» Министерства Энергетики РФ одной из задач развития отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) РФ - является необходимость более чем двукратного увеличения освоения трудно извлекаемых ресурсов. Таким образом, данное исследование соответствует концепциям и

направлениям развития ТЭК РФ и является актуальным.

Существующие на сегодняшний день методы прямого измерения тепловых свойств горных пород в скважине не показали свою достоверность и результативность. Измерения возможны только на керновом материале, а для высокоточных измерений необходимо дорогостоящее оборудование. Это приводит к необходимости построения математических моделей, способных рассчитать тепловые свойства с использованием других физических свойств породы, например, упругих.

Цель и задачи исследований

Цель работы сформулирована наиболее общим образом – повышение достоверности определения макроскопических упругих и тепловых свойств основных типов коллекторов углеводородов в различных состояниях флюидонасыщения в условиях отсутствия возможности проведения непосредственных прямых измерений. В работе, в первую очередь, затрагиваются теоретические методы определения эффективных упругих и тепловых свойств. Экспериментальные данные используются в качестве исходных данных для решения обратных задач, а также для сравнения их с результатами расчета.

Первой поставленной задачей является создание и апробация моделей упругих и тепловых свойств карбонатных и терригенных типов пород, построенных по результатам изучения керна. Измерение упругих свойств в скважине – является стандартом при проведении сервисных работ на разных этапах бурения скважины. Возможность связать результаты отработанных методов с теми, которые еще только развиваются, кажется весьма перспективной задачей. Для этого требуется показать в первую очередь наличие такой связи и построить математическую модель.

Второй поставленной задачей является решение задачи флюидозамещения для эффективной теплопроводности на примере нескольких коллекций керна карбонатных и терригенных типов пород. Эта задача напоминает решение аналогичной задачи для упругих свойств – формулы Гассмана.

Третья задача является наиболее практической – это разработка методики одновременного восстановления эффективной теплопроводности и упругих свойств пород по физическим свойствам искусственных композитов, изготовленных на основе шлама пород.

Научная новизна работы

Научная новизна работы состоит в успешном выполнении следующих работ.

Впервые было проведено детальное исследование модели, основанной на теории

эффективных сред, для одновременного описания тепловых и упругих свойств карбонатных и терригенных типов пород. Получено новое выражение для расчета теплопроводности микронеоднородных сред, основанное на методе Т-матрицы. Описан подход теории эффективных сред для построения математических моделей физических свойств, применимый для различных типов пород. Помимо этого, разработан метод по восстановлению упругих и тепловых свойств породы по результатам измерений этих свойств на искусственном материале, изготовленном из шлама соответствующей породы. Все предложенные алгоритмы и построенные модели протестированы на различных коллекциях карбонатных и терригенных типах пород.

Основное содержание работы

Диссертация Т.Р. Ялаева объемом 129 страниц состоит из введения, четырех глав и заключения. При написании работы было использовано 99 источников информации (статьи, патенты и др.), диссертация содержит 49 рисунков и 14 таблиц. В конце работы представлены приложения, в которых приведены выводы некоторых формул.

В 1 Главе диссертации предлагается широкий обзор методов, применимых к расчету эффективных физических свойств горных пород. Представлены не только общие формулы методов, но также приводятся ограничения, достоинства и недостатки каждого из них. Кроме литературного обзора в первой главе предлагается оригинальная формула расчета эффективной теплопроводности, основанная на методе Т-матрицы. Также демонстрируется возможность перехода от этой формулы к методу самосогласования.

Глава 2 содержит описание методики построения эффективных моделей, позволяющих связать упругие и тепловые свойства пород. Подробное описание позволяет вслед за автором работы строить свои математические модели для любых типов горных пород. Во второй части этой главы приводятся примеры построения моделей тепловых свойств для трех коллекций карбонатных и терригенных типов пород. Подтверждением качества моделей является решение задачи флюидозамещения для теплопроводности. Была рассчитана теплопроводность сотен образцов этих коллекций, приведено сравнение с экспериментальными данными, а также сравнение с другими методами.

В 3 Главе рассматривается вопрос об установлении связи теплопроводности и упругих свойств терригенного типа пород при атмосферных условиях, а также в условиях напряженного состояния. Проведены эксперименты, позволяющие измерить продольные и поперечные скорости упругих волн и теплопроводность в условиях напряженного состояния.

Глава 4 представляет собой наибольший интерес с прикладной точки зрения. На примере нескольких типов пород решается задача определения упругих и тепловых свойств по данным об их свойствах, полученных на шламе.

В заключении Т.Р. Ялаев выносит главные результаты и выводы работы. Они отвечают поставленным задачам исследования и соответствуют изложению диссертации.

Замечания

В названии работы, также как и в работе в целом, фигурирует задача определения тепловых свойств. Это включает в себя теплопроводность, объемную теплоемкость, температуропроводность и тепловой коэффициент линейного расширения (ТКЛР) породы. Однако вся работа основывается на измерениях и расчетах только теплопроводности, о возможности расчета ТКЛР говорится только в теоретической части работы.

С практической точки зрения наиболее интересной задачей является расчет теплопроводности в скважине. В данной работе эта задача не решена. В работе приведены расчеты эффективной теплопроводности в лабораторных условиях при атмосферном давлении и комнатной температуре. Также в работе приводится методика получения зависимости теплопроводности от приложенного напряжения. Однако не производится учет изменения теплопроводности от температуры – нет ни экспериментальных данных, ни формул расчета. Помимо этого отсутствуют рассуждения о том, как сравнить полученные данные с теми, которые могут быть получены непосредственно в скважине.

В качестве еще одного значительного замечания можно привести отсутствие в четвертой главе работы с шламовым материалом, извлеченным непосредственно из скважины. Нельзя воспринимать результаты этой части работы как завершённую технологию, применимую на практике.

Степень достоверности научных положений и выводов соискателя обеспечивается верификацией всех предложенных алгоритмов и моделей экспериментальными данными.

Результаты работы опубликованы в 10 печатных работах, из которых 3 входят в перечень рецензируемых научных журналов ВАК. Среди докладов, сделанных соискателем, есть также международные.

Заключение по диссертационной работе

По совокупности представленных в диссертации результатов, научной и практической значимости, а также по объему личного вклада автора, данная диссертация не оставляет сомнений в ее соответствии ученой степени кандидата физико-

математических наук.

Диссертационная работа Ялаева Тагира Рустамовича «Методика построения обобщенных моделей эффективных упругих и тепловых свойств пород с учетом их внутренней структуры и флюидонасыщения» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и содержит решение задачи определения теплопроводности по данным об упругих свойствах породы, имеющей существенное значение для развития методов теории эффективных сред и для расширения возможностей использования тепловых МУН на практике.

Исследовательская работа соответствует критериям, установленным в **п. 9** Положения о присуждении учёных степеней (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации **от 24 сентября 2013** г. № 842) для учёной степени кандидата наук, а её автор Т.Р. Ялаева заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физ.-мат., наук, профессор кафедры
физики Земли физического факультета
ФГБОУ ВО Санкт-Петербургского
государственного университета, 198504,
Санкт-Петербург, г. Петергоф, ул.
Ульяновская д.1
v.troyan@spbu.ru

Троян Владимир
Николаевич

Отзыв рассмотрен и обсужден на заседании кафедры физики Земли физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета 01 сентября, протокол № 1 и одобрен в качестве официального отзыва ведущей организации.

Зав. кафедрой физики Земли
физического факультета, доктор физ.-мат. наук, профессор
Санкт-Петербургского государственного
Университета

Семенов Владимир
Семенович

ЛИЧНУЮ ПОДПИСЬ ЗАВЕДУЮЩЕГО

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА КАДРОВ №3

Н. И. МАШТЕПА



Документ подготовлен
в порядке исполнения
трудовых обязанностей