ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Дубини Никиты Владиславовича

«ПРЯМЫЕ И ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ МЕТОДАМИ ГЕОМЕХАНИКИ»,

представленной на соискание учёной степени

доктора физико-математических наук

по специальности 1.6.9 - Геофизика

Диссертационная работа Дубини Никиты Владиславовича посвящена разработке комплекса подходов к геомеханическому описанию естественной трещиноватости горных пород: решению прямых задач прогноза пространственных ориентаций и флюидопроводимости естественных трещин сдвига по данным о напряжённом состоянии среды и его эволюции, а также решению обратных задач совместной реконструкции параметров напряжённого состояния и отдельных реологических свойств по данным о трещиноватости.

Актуальность темы исследования не вызывает сомнений. Породы-коллекторы углеводородов часто характеризуются развитой естественной трещиноватостью, изучение которой важно как для фундаментальных задач оценки развития необратимых деформаций в микронеоднородных средах, так и для практических вопросов оптимизации разработки месторождений. Существующие подходы к интерпретации геофизических данных без построения петроупругих моделей часто не позволяют корректно учесть неопределённость исходных данных и эквивалентность решений обратных задач, а оценка флюидопроводимости трещин без привлечения геомеханического моделирования и лабораторных экспериментов представляется крайне затруднительной. В этой связи работа, объединяющая статистический анализ данных о трещинах, петроупругое и геомеханическое моделирование, представляется своевременной, а её результаты – востребованными.

Научная новизна работы заключается в создании принципиально нового алгоритма построения динамической модели естественной трещиноватости, позволяющего использовать результаты геомеханического и гидродинамического моделирования для вероятностного прогноза положений, пространственных ориентаций и флюидопроводимости естественных трещин сдвига. Кроме того, новизна определяется разработкой подхода к совместной реконструкции

параметров напряжённого состояния среды (без априорных предположений о его виде) и её отдельных реологических свойств на основании данных о флюидопроводимости естественных трещин.

Защищаемые положения (пять положений) подробно раскрыты в содержании работы, сопровождаются **выводами**, отличаются несомненной **научной новизной**. Первые три положения относятся к прямым задачам и последовательно раскрывают, как по напряжённому состоянию и истории деформирования среды можно спрогнозировать зоны развития и ориентации трещин сдвига в связи с их флюидопроводимостью (первое и второе положения), а также вероятностную долю критически напряжённых трещин (третье положение). Четвёртое положение обосновывает обратную задачу, показывая достаточность знания упругих модулей слоистой среды и не менее трёх независимых оценок напряжений. В завершение пятое положение представляет алгоритм совместной реконструкции напряжений и коэффициента трения по данным о флюидопроводимости трещин. Положения **обоснованы** теоретическим анализом и **подтверждены** лабораторными экспериментами и данными натурных наблюдений.

Теоретическая значимость результатов работы определяется развитием представлений о связи напряжённо-деформированного состояния геологической среды и её эволюции с геометрическими и фильтрационно-ёмкостными характеристиками естественных трещин сдвига. Предложенный алгоритм, позволяющий на вероятностном уровне оценивать пространственные ориентации естественных трещин по данным разномасштабных геофизических исследований, может быть использован для создания моделей естественных трещин и распространения их параметров в межскважинное пространство в совокупности с методами петроупругого моделирования и геостатистики. Постановка обратной задачи совместной реконструкции напряжений и реологических свойств и её решение с привлечением аппарата математической статистики имеет значение для развития методов решения некорректных обратных задач геомеханики.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием строгих математических методов, проведением контрольных лабораторных экспериментов на образцах горных пород (включая многоуровневое ультразвуковое сканирование в условиях псевдотрёхосного сжатия), а также сравнением результатов применения разработанных подходов к решению обратных задач с независимыми оценками напряжений геофизическими методами. Статистическая значимость выявленных эффектов обоснована

анализом распределений решений обратной задачи, в том числе с использованием распределений семейства Пирсона при ограниченном объёме данных.

Результаты работы прошли широкую апробацию: опубликовано 39 статей по теме диссертации, из них 21 — в журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в международных базах цитирования, сделаны доклады на десятках российских и международных конференций (AGU, JpGU, ARMA, SPE, EAGE и др.).

Практическая значимость состоит в возможности использования результатов реконструкции напряжений для оптимизации траектории бурения, расчёта устойчивости ствола скважины, проектирования гидроразрыва пласта, прогноза наведённой сейсмичности и проседаний земной поверхности. Значимость подтверждается примерами применения подхода к реальным объектам: скважинам в зоне субдукции желоба Нанкай, геотермальному полю Ротокава и нефтегазовому месторождению Республики Татарстан.

Автореферат диссертации написан профессиональным языком, грамотно структурирован и в достаточной мере иллюстрирован. Автореферат передает основное содержание диссертации, которая состоит из Введения, семи глав и Заключения, содержит 339 страниц, 128 рисунков, 6 таблиц, список литературы из 333 наименований и 1 приложение.

Можно отметить следующие **незначительные замечания** по автореферату:

1). Понятие индекса хрупкости $\chi(\varepsilon)$ вводится в параграфе 2.2, однако из автореферата неясно, каким образом выполняется его нормировка для последующего использования в выражении (2). В диссертации этот вопрос, вероятно, освещён подробнее.

2). На рис. 5 подпись «Доля трещин, д.е.» дублируется под фрагментами в-г, а шкала «Доля трещин, д.е.» – под всеми фрагментами; для удобства восприятия можно было бы ограничиться одной общей легендой, расшифровать обозначение «д.е.» и указать, к какому уровню давления флюида относится каждая панель.

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общего положительного впечатления о работе.

Диссертационное исследование представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, обладает внутренним единством, характеризуется научной новизной, теоретической значимостью и практической ценностью полученных результатов, и по своему содержанию соответствует паспорту научной специальности 1.6.9 Геофизика (физико-математические науки). Работа соответствует требованиям, установленным Положением о

присуждении учёных степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук, а её автор, Дубиня Никита Владиславович, заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.6.9 Геофизика.

КАЗНАЧЕЕВ Павел Александрович _____

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории № 301 физики землетрясений и неустойчивости горных пород,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта
Российской академии наук (ИФЗ РАН)
123242, Российская Федерация, г. Москва, Б. Грузинская ул., д. 10, стр. 1
e-mail: direction@ifz.ru
тел.: +7 (499) 766-26-56;

Я, Казначеев Павел Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

19 октября 2026 г. _____ (Казначеев П.А.)

Подпись Казначеева Павла Александровича заверяю: