

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Химули Валерия Владимировича «Реологические и фильтрационные свойства горных пород в условиях сложного трехосного нагружения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела».

Актуальность темы диссертации. Выбор эффективных схем вскрытия и режимов разработки месторождений углеводородов, планирование объема добычи, оценка фильтрационно-емкостных характеристик коллекторов, интерпретация данных комплексного каротажа, безопасное функционирование подземных хранилищ газа – вот далеко не полный перечень проблем, при решении которых необходимо знание закономерностей изменения механических свойств горных пород при нагружении. Неравнокомпонентность природного поля напряжений, рост глубины разработки - одни из основных причин возникновения в окрестности контура скважин зон необратимых деформаций, в которых проницаемость и пористость резко отличаются от таковых для невозмущенного массива горных пород. Это может оказать существенное влияние на прогнозную оценку добычных возможностей скважин и, в конечном итоге, на выбор технологии разработки месторождения. Поэтому установление зависимости фильтрационно-емкостных свойств пород от напряженного состояния является важной научной проблемой, исследованию различных аспектов которой посвящена диссертация, а *актуальность* ее тематики не вызывает сомнений.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Защищаемые научные положения диссертации сформулированы на основе анализа большого объема данных лабораторных экспериментов (установка трехосного сжатия ИСТНН с модулем измерения проницаемости), выполненных на сертифицированном оборудовании с использованием калиброванных датчиков. Для интерпретации результатов применялись апробированные модели механики деформируемого твердого тела и стандартные методы математической статистики. Все это позволяет утверждать, что основные выводы, положения и практические рекомендации диссертационной работы являются **обоснованными**.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций базируется на:

- статистически значимом объеме данных испытаний и воспроизводимости результатов на допредельной стадии деформирования пород-коллекторов;
- соответствии полученных результатов (количественных зависимостей проницаемости от напряжений) физическим представлениям об исследуемом объекте;
- корректном применении математического аппарата механики сплошных сред и методов обработки информации для интерпретации экспериментальных данных.

Результаты, полученные в диссертации, являются *новыми*. Наиболее важными, на мой взгляд, являются следующие.

1. Выявление и систематизация основных типов напряженных состояний в окрестности скважины при гидростатическом и неравнокомпонентном полях внешних горизонтальных напряжений, полученная на основе теоретического анализа решения классических задач Ламе и Кирша, адаптированных к условиям околоскважинного пространства.

2. Проведенное на базе такого анализа обоснование и практическая реализация программ деформационных и фильтрационных испытаний пород, которые позволили воспроизвести в образцах поля напряжений, возникающие при бурении и эксплуатации скважин.

3. Для типичных пород-коллекторов установлены количественные зависимости проницаемости от напряжений, варьирующихся в широком диапазоне изменения, что дает возможность посредством интерполяции получать определяющие соотношения при моделировании гидродинамических процессов в окрестности скважин.

Работы соискателя опубликованы в профильных журналах, в том числе входящих в системы цитирования Web of Science и Scopus, и в достаточной мере отражают полученные результаты, выводы и защищаемые научные положения.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

По диссертационной работе необходимо сделать следующие *замечания*.

1. Формула (24) (стр. 60) выведена из решения одномерной задачи о стационарной фильтрации газа в однородном по проницаемости образце. В экспериментах в образцах создается неравнокомпонентное поле напряжений и возникает анизотропия проницаемости.
2. Все зависимости проницаемости от напряжений получены при фильтрации газа. Каким образом следует их скорректировать для использования при анализе процессов массопереноса в окрестности нефтяных скважин?
3. При математическом моделировании массообменных процессов в напряженных породных массивах, как правило, необходимы эмпирические зависимости типа $k = k(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$ (k – проницаемость, σ_i – главные напряжения), в которые не входят деформации. Каким образом можно получить такие соотношения, используя результаты диссертации?
4. Из обзора выпали известные работы R.M. Holt, в которых, по-видимому, впервые экспериментально исследовано изменение проницаемости от напряжений на запредельной стадии деформирования.

Сделанные замечания не меняют общей высокой оценки диссертационной работы.

Диссертация аккуратно оформлена, изложена грамотным литературным языком, научная терминология использована корректно.


Диссертация является выполненной на актуальную тему завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе оригинальных экспериментов получены новые закономерности деформирования и разрушения флюидонасыщенных сплошных сред, имеющие очевидные приложения в механике горных пород и в задачах, возникающих при разработке месторождений углеводородов.

Считаю, что диссертация «Реологические и фильтрационные свойства горных пород в условиях сложного трехосного нагружения» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждены Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор, Химуля Валерий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени «кандидат физико-математических наук» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

Официальный оппонент
главный научный сотрудник
лаборатории горной информатики
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт горного дела им. Н. А. Чинакала
Сибирского отделения Российской академии наук
доктор физико-математических наук
01.02.04 – Механика твердого деформируемого тела
01.02.07 – Механика горных пород

Назарова Лариса Алексеевна

Дата: 29.10.2021

Подпись д.ф.-м.н. Л.А. Назаровой 
Ученый секретарь ИГД СО РАН
к.т.н.



К.А.Коваленко
29 октября 2021 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт горного дела им. Н. А. Чинакала
Сибирского отделения Российской академии наук
Почтовый адрес: 630091, г. Новосибирск, Красный проспект, 54;
Телефон: +7 (383) 205–30–30, доб. 100 (приемная)
Адрес электронной почты: mailigd@misd.ru
Адрес официального сайта организации: <http://www.misd.ru>