

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Петуховой Софии Максимовны на тему «Вариации фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии (по данным ГФО «Михнево»)», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика»

### **Актуальность темы диссертации**

В диссертации Петуховой С. М. на тему «Вариации фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии (по данным ГФО «Михнево»)» исследуются закономерности реакции флюидонасыщенного коллектора на различные типы динамического воздействия. Данная тема является актуальной для решения разных задач в сфере освоения и использования геологической среды. В первую очередь речь идет о дистанционном мониторинге гидрогеологических условий при строительстве зданий и сооружений в сейсмоактивных регионах и районах с повышенной техногенной нагрузкой. Также особую значимость приобретает контроль фильтрационных свойств флюидонасыщенных коллекторов при разработке нефтегазоносных месторождений и анализе эффективности эксплуатации месторождений. Использование данного метода позволяет оценивать проницаемость флюидонасыщенных коллекторов в естественных условиях.

### **Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы**

Достоверность результатов, полученных соискателем, основана на обработке большого массива экспериментальных данных с использованием апробированных методов. Диссертационная работа содержит необходимые ссылки на литературные источники. Основные научные положения и выводы имеют теоретическое обоснование и согласуются с известными концепциями реакции флюидонасыщенного коллектора на квазистационарное и сейсмическое воздействие.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в создании программы для оценки фильтрационных свойств флюидонасыщенных коллекторов на основе обработки гидрогеологических и барометрических данных, полученных на территории геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево».

**Теоретическая значимость** работы состоит в разработке комплексной модели, в рамках которой определены вариации фильтрационных параметров карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии по данным прецизионного мониторинга.

**Практическая значимость** работы заключается в оценке амплитуд вариаций порового давления карбонатного коллектора при разной интенсивности сейсмического

воздействия. Максимальные значения гидрогеологических откликов при прохождении сейсмических волн от удаленных землетрясений установлены для коллектора в слабонапорных условиях, который характеризуется повышенной трещиноватостью пород. Различия гидрогеологических эффектов в слабонапорных и напорных условиях при сейсмическом воздействии стоит учитывать при разработке месторождений, так как вариации порового давления могут приводить к интенсификации природных процессов и негативным последствиям в пределах разрабатываемых месторождений.

### **Оценка содержания диссертации**

Общий объем рецензируемой работы составляет 159 страниц, включая 77 иллюстраций, 11 таблиц, список литературы отечественных и зарубежных авторов из 110 наименований, а также 2 приложения. Работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

Во *введении* автором обоснована актуальность темы, основные проблемы, поставлены цели и задачи исследования. Представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов работы, полученных при решении поставленных задач, сформулированы защищаемые положения.

*Первая глава* посвящена обзору публикаций, направленных на исследование гидрогеологической реакции на квазистационарное и сейсмическое воздействие. Проведен сравнительный анализ проницаемости во вмещающих породах и в зонах разломов для различных типов флюидонасыщенных коллекторов. Определены основные факторы, которые вносят вклад в деформирование коллекторов. К их числу относятся атмосферное давление, земные приливы, и сейсмическое воздействие. В этой главе выполнен анализ возможных механизмов, которые свидетельствуют о разных режимах деформирования флюидонасыщенных коллекторов, проявляющихся в виде косейсмических и постсейсмических эффектов.

Во *второй главе* представлена методика обработки экспериментальных данных, полученных по результатам многолетнего прецизионного гидрогеологического мониторинга. Определение фильтрационных свойств флюидонасыщенных коллекторов основано на анализе соотношения между приливными волнами, выделенными в смещении грунта и уровне подземных вод. Для анализа сейсмического воздействия на коллектор применялись спектральные методы.

*Третья глава* содержит результаты исследований, полученные на территории обсерватории «Михнево» за 2010-2023 гг., по анализу влияния земных приливов, атмосферного давления и сейсмических волн от удаленных землетрясений на карбонатный коллектор. Выполнена оценка фильтрационных свойств коллектора в



напорных и слабонапорных условиях за многолетний период измерений. Установлено пороговое значение скорости смещения грунта, при котором прослежены постсейсмические эффекты. В третьей главе представлены результаты реакции карбонатного коллектора на прохождение атмосферных фронтов при катастрофическом извержении вулкана Тонга. Выполнен анализ гидрогеологических откликов, зарегистрированных на территории геофизической обсерватории «Михнево», на удаленные землетрясения, установлено их различие в напорных и слабонапорных условиях.

В четвертой главе представлены результаты исследований динамики деформирования флюидонасыщенных коллекторов под влиянием различных факторов. Получены диапазоны относительной деформации коллектора при квазистационарном и эпизодическом сейсмическом воздействии. Определены значения относительной деформации и плотности сейсмической энергии, при которых наблюдаются осцилляции, косейсмические и постсейсмические эффекты. Выполнено моделирование пороупругого отклика карбонатного коллектора в напорных условиях на прохождение сейсмических волн от землетрясений. Значения фильтрационных свойств карбонатного коллектора, полученные на территории обсерватории ИДГ РАН на основе обработки многолетних рядов экспериментальных данных, представлены в виде комплексной модели.

*Заключение* содержит ряд основных выводов, полученных в результате диссертационного исследования.

#### **Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы**

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 научных трудах, в том числе 5 в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России.

Основные положения диссертационной работы докладывались на семинарах, международных и всероссийских научных конференциях.

#### **Оценка содержания автореферата**

Содержание автореферата соответствует цели, задачам, основному содержанию и выводам, представленным в диссертационной работе.

К диссертационной работе имеются **вопросы и замечания**, среди которых следует отметить следующие.

1. Из диссертации не ясно, каким образом выполнялась оценки погрешности определения проницаемости коллектора, с использованием разработанной программы?

2. Как соотносятся значения проницаемости, полученные дистанционным методом, со значениями, полученными в результате лабораторного определения свойств образцов?

3. Использовал ли соискатель экспериментальные данные для оценки проницаемости коллектора другими методами, например, путем генерации порово-сетевых моделей или любых других методик на основе моделирования в масштабе пор?

К техническим замечаниям по диссертационной работе следует отнести пропуск информации в списке литературы по нескольким использованным статьям, на которые ссылается соискатель, небольшое количество опечаток и орфографических ошибок.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы С. М. Петуховой.

### **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Петуховой Софии Максимовны «Вариации фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии (по данным ГФО «Михнево»)» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованный комплекс методов для оценки фильтрационных свойств карбонатного флюидонасыщенного коллектора при динамическом воздействии.

Работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), а соискатель - Петухова София Максимовна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 - «Геофизика».

Официальный оппонент:

Ведущий научный сотрудник ИФЗ РАН,  
кандидат физико-математических наук  
по специальности 25.00.10 - «Геофизика,  
геофизические методы поиска полезных  
ископаемых»

  
\_\_\_\_\_ К. М. Герке

«25» декабря 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Физики Земли  
им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук (ИФЗ РАН)  
123242, г. Москва, Б. Грузинская ул., д.10, стр. 1  
Тел.: +79661877715  
e-mail: kg@ifz.ru

Я, Герке Кирилл Миронович, даю согласие на включение своих персональных  
данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д.24.1.059.01, и их  
дальнейшую обработку.

Подпись Герке К. М. удостоверяю

Ученый секретарь \_\_\_\_\_



*Handwritten signature: Герке К.М.*  
25.12.2023

*Handwritten signature: Васильев Д.М.*