

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ПЕТУХОВОЙ Софии Максимовны «Вариации фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии (по данным ГФО «Михнево»)», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. – Геофизика.

Диссертационная работа нацелена на выявление закономерностей изменения фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии по данным прецизионного мониторинга на геофизической обсерватории ИДГ РАН «Михнево». Научная идея диссертации отталкивается от представлений о реакции водонасыщенного коллектора на динамические воздействия различной интенсивности и природы. Диссертантом создан актуальный комплекс методов обработки сейсмических, гидрогеологических и барометрических данных, и на этой основе исследован большой массив экспериментальных данных, полученных за период 2010-2023 гг., определены диапазоны вариаций фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) карбонатного коллектора и основные параметры гидрогеологических откликов, зарегистрированных при прохождении сейсмических волн удаленных землетрясений. Предложено и выполнено моделирование реакции карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии, что имеет не только фундаментальную, но и прикладную ценность, поскольку позволяет развить дистанционные методы контроля трещинно-порового пространства массива горных пород.

Отметим лишь несколько важных и интересных итогов работы.

Создан комплекс методов обработки измерений экспериментальных данных для оценки фильтрационно-емкостных параметров флюидонасыщенных коллекторов.

В дальней зоне сейсмического воздействия землетрясений прослежена относительная синхронизация сейсмических сигналов и вариаций давления в системе «пласт-скважина».

По данным многолетнего дистанционного мониторинга, проводимого на территории ГФО «Михнево» установлено, что фильтрационные свойства напорного горизонта в пределах слабо трещиноватого коллектора, изменяются почти на порядок, демонстрируя переход свойств от слабоводопроницаемого к водопроницаемому массиву (рисунок 4.6 диссертации).

В вариациях порового давления и проницаемости, зарегистрированных при прохождении сейсмических волн, обнаружены косейсмические и постсейсмические эффекты в структуре ФЕС. Так, в напорном горизонте выявлены быстрые изменения проницаемости после землетрясения Тохоку 11.03.2011 М9.1, и землетрясения на Аляске 22.07.2020 М7.8, а более детальное рассмотрение обнаруживает значимое снижение проницаемости от  $10^{-12}$  до  $2.6 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$  (для землетрясения Тохоку).

Это любопытное наблюдение демонстрирует практический потенциал простого неинвазивного метода мониторинга проницаемости напорных водоносных горизонтов. Можно также сделать вывод, что сравнительно небольшие динамические напряжения могут радикально изменить проницаемость, что важно в практических приложениях, а собственно естественная проницаемость является динамическим параметром, который контролируется внешними воздействиями. Этот результат было бы интересно сопоставить с работой Jean E. Elkhoury, Emily E. Brodsky & Duncan C. Agnew. Seismic waves increase permeability. Nature. Vol 441|29 June 2006|doi:10.1038/nature04798.

Диссертация хорошо структурирована, подробно изложены технические и вычислительные особенности проведения измерений, что говорит о знании автором не только теоретических основ работы, но и условий практического применения предложенных подходов.

Список литературы, состоящий из 110 наименований, в том числе 86 англоязычных, на которые ссылается автор, говорит о хорошей теоретической подготовке. В то же время, было бы нелишним дополнить список следующими публикациями, имеющими прямое отношение к предмету диссертации:

Faoro, I., D. Elsworth, and C. Marone (2012), Permeability evolution during dynamic stressing of dual permeability media, J. Geophys. Res., 117, B01310, doi:10.1029/2011JB008635.

Chadha R.K., Kuempel H.-J., Shekar M. Reservoir Triggered Seismicity (RTS) and well water level response in the Koyna-Warna region, India. Tectonophysics. 456. 2008a. P. 94–102.

Chadha R.K., Chandrani S., Shekar M. Transient changes in well water level in bore wells in western India due to 2004 Mw 9.3 Sumatra earthquake. Bulletin of Seismological Society of America. V. 98 (5). 2008. P. 2553–2558.

Положения и результаты, описанные в диссертации, получили квалифицированную апробацию на международных и всероссийских научных конференциях.

В целом работа оставляет, безусловно, положительное впечатление, представляет собой законченное исследование на актуальную тему, выполненное на высоком научном уровне, содержит новые научные результаты, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, С.М.Петухова, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9. – Геофизика.

Пономарев Александр Вениаминович,  
123242, Москва. Б. Грузинская ул., д.10, стр.1.

e-mail: avp@ifz.ru.

тел.: +7 (499)766-26–56.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук,

Руководитель научного направления «Физика сейсмического процесса и горных пород», главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук,

Я, Пономарев Александр Вениаминович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

9 января 2024 г.

Подпись Александра Вениаминовича Пономарева заверяю

*Зав. канцелярии*

*С.М.Петухова*

09.01.2024

