

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.059.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ДИНАМИКИ  
ГЕОСФЕР ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.А. САДОВСКОГО РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25 января 2024 г. № 1/24  
о присуждении Петуховой Софии Максимовне, гражданке РФ, ученой  
степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Вариации фильтрационных свойств карбонатного коллектора при квазистационарном и сейсмическом воздействии (по данным ГФО «Михнево»)» по специальности 1.6.9 – «Геофизика» принята к защите 26 октября 2023, протокол № 9/23, диссертационным советом 24.1.059.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института динамики геосфер имени академика М. А. Садовского Российской академии наук (ИДГ РАН), по адресу: 119334, г. Москва, Ленинский проспект, д. 38, корп. 1 (приказ № 1352/нк от 24.10.2022).

Соискатель Петухова София Максимовна, 27 сентября 1992 года рождения, в 2019 году окончила магистратуру Горного института Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» по специальности «Электроэнергетика и электротехника». В настоящий момент работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте динамики геосфер имени академика М.А. Садовского Российской академии наук в лаборатории «Деформационных процессов в земной коре», где и была выполнена диссертация. В 2019-2022 гг. С.М. Петухова проходила обучение в аспирантуре ИДГ РАН.

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук Горбунова Элла Михайловна, ведущий научный сотрудник лаборатории «Деформационных процессов в земной коре» ИДГ РАН.

Официальные оппоненты:

- Батугин Андриан Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности и экологии горного производства Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС), г. Москва;
  - Герке Кирилл Миронович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фундаментальных проблем нефтегазовой геофизики и геофизического мониторинга Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физики Земли имени О.Ю. Шмидта Российской академии наук» (ИФЗ РАН), г. Москва;
- дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ) в своем положительном заключении, утвержденном проректором по научной работе МФТИ кандидатом физико-математических наук Баганом Виталием Анатольевичем и подписанном кандидатом технических наук Негодяевым Сергеем Серафимовичем, заведующим кафедрой прикладной механики МФТИ, отметила, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, которая содержит научно обоснованную разработку оценки фильтрационных свойств флюидонасыщенного коллектора. Тема исследования соответствует паспорту специальности. Диссертация обладает актуальностью, необходимой научной новизной и практической значимостью, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика».

При этом в отзыве ведущей организации указан ряд вопросов и замечаний, которые не влияют на общее заключение. В частности,

перечислены вопросы к использованным теоретическим зависимостям, по уточнению математической модели, описывающей процесс накопления остаточных деформаций, дополнению сводного описания используемых приближений и ограничений в рамках предложенной модели, замечания по оформлению иллюстраций.

Соискатель имеет 10 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 5 работ в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Петухова С.М. Влияние экзогенных факторов на гидрогеологическую обстановку (на примере ГФО «Михнево») // Процессы в геосредах. – 2020. – № 2 (24). – С. 710-717.
2. Батухтин И.В., Беседина А. Н., Горбунова Э. М., Петухова С. М. Динамическое деформирование флюидонасыщенных коллекторов по данным прецизионного гидрогеологического мониторинга на территории геофизической обсерватории «Михнево» // Процессы в геосредах. – 2020. – № 4 (26). – С. 867-876.
3. Горбунова Э. М., Беседина А. Н., Кабыченко Н. В., Батухтин И. В., Петухова С. М. Реакция водонасыщенных коллекторов на динамическое воздействие (по данным прецизионного мониторинга уровня подземных вод) // Физика Земли. – 2021. – № 5. – С. 74-90.
4. Горбунова Э. М., Ряховский И. А., Гаврилов Б. Г., Поклад Ю. В., Петухова С. М., Беседина А.Н. Вариации геофизических полей при извержении вулкана Тонга по данным уникальной научной установки «Михнево» // Геофизические процессы и биосфера. – 2022. – Т. 21. – № 4. – С. 5-22.
5. Besedina A., Gorbunova E., Petukhova S. Hydrogeological Responses to Distant Earthquakes in Aseismic Region // Water. – 2023. – Vol. 15. – № 7. – Art. 1322. – P. 1-19.

На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов. Все отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается высокое качество, актуальность и прикладная значимость проведенных исследований.

Д.ф.-м.н. А.В. Пономарев (Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН) рекомендовал дополнить список использованной литературы статьями, которые также имеют прямое отношение к диссертации.

В своем отзыве д.г.-м.н. С.Ю. Артамонова (Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН) указывает, что формулировку четвертой задачи по «исследованию гидрогеологических откликов...» стоило бы конкретизировать, а также высказывает пожелание к построению структуры автореферата по защищаемым положениям.

Д.г.-м.н. В.М. Макеев (Институт геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН) отметил, что стоило привести в автореферате краткую характеристику геолого-тектонических и геодинамических условий района исследования, которые могут определять реакцию коллектора на внешнее воздействие.

В своем отзыве д.г.-м.н., профессор, почетный работник промышленности Иркутской области А.Г. Вахромеев и к.т.н. С.А. Сверкунов (Иркутский филиал ООО «РН-Бурение») отмечают, что в автореферате не приведено сравнение полученных значений проницаемости и водопроницаемости карбонатного коллектора с результатами оценки этих же параметров другими методами. Также авторы отзыва задают вопрос о применимости разработанного программного обеспечения для тестирования и мониторинга режима напорного горизонта в глубоких скважинах нефтяного ряда, вскрывающих обводненные участки напряженного сейсмоопасного сместителя разломной зоны.

Д.ф.-м.н. М.М. Немирович-Данченко (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники) задает вопрос о возможности применения полученных результатов и представленной модели деформирования коллектора при нахождении объекта исследования в ближней и промежуточной зонах землетрясений.

В своем отзыве д.г.-м.н. Д.Ю. Демежко (Институт геофизики им. Ю.П. Булашевича УрО РАН) в качестве замечания отмечает необходимость заверки значений проницаемости, определенных по фазовому сдвигу, с результатами оценки, полученными с использованием других методов, и задает связанные с этим вопросы.

Д.г.-м.н. В.В. Кулаков (Институт водных и экологических проблем ДВО РАН) отмечает, что в диссертации корректнее было бы использовать термин «подземные воды» вместо «флюид».

Д.г.-м.н. Л.А. Абукова (Институт проблем нефти и газа РАН) подчеркивает, что из автореферата не совсем понятно, является ли предложенная автором модель реакции карбонатного коллектора на динамические воздействия универсальной и возможно ли ее использование применительно к другим типам флюидонасыщенных коллекторов.

Отзывы чл.-корр. РАН, д.т.н. В.Н. Татарина (Геофизический центр РАН), д.ф.-м.н. А.К. Рыбина (Научная станция РАН в г. Бишкеке), д.г.-м.н. В.В. Ружича (Институт земной коры СО РАН), д.г.-м.н. А.П. Хаустова (Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы) к.г.-м.н. С.Б. Субботина (Институт радиационной безопасности и экологии Национального Ядерного Центра Республики Казахстан), к.ф.-м.н. О.А. Черных (Научно-технический институт межотраслевой информации) – без замечаний.

#### **Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:**

- доктор технических наук А. С. Батугин является признанным специалистом в области геодинамического мониторинга и исследований напряженного состояния участков земной коры при сейсмическом воздействии, автором более 140 научных статей.
- кандидат физико-математических наук К. М. Герке – известный специалист в области математического моделирования микроструктуры гетерогенных пород процессов фильтрации в пористых средах, является автором более 60 научных статей.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (МФТИ) является одной из ведущих научных организаций России, выполняющей фундаментальные исследования и прикладные разработки, в том числе, в области изучения фазовой проницаемости при фильтрации жидкости в средах с двойной пористостью.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований** были получены результаты, способствующие более глубокому пониманию закономерностей реакции флюидонасыщенных коллекторов на квазистационарные факторы (атмосферное давление, земные приливы) и сейсмическое воздействие в асейсмичном регионе (в условиях платформы). Установлено, что на территории ГФО «Михнево», 80 км к югу от Москвы, верхний слабонапорный горизонт характеризуется повышенной чувствительностью к атмосферному давлению, влияние земных приливов выражено слабо. Нижний напорный горизонт отличается невысоким коэффициентом барометрической эффективности и повышенной чувствительностью к земным приливам. Гидрогеологические отклики на удаленные землетрясения, зарегистрированные в виде осцилляций, косейсмических и постсейсмических эффектов, определяются характеристиками сейсмических колебаний (тип волны, период, амплитуда), амплитудно-частотными параметрами системы «пласт-скважина» и локальными структурно-гидрогеологическими условиями (водопроницаемостью, коэффициентом упругой емкости пласта и др.). Изменение порового давления при сейсмическом воздействии обусловлено сочетанием динамического деформирования флюидонасыщенного карбонатного коллектора со скин-эффектом – локальным изменением характеристик трещиноватости в околоскважинном пространстве. На основе обработки большого массива экспериментальных данных, полученных на территории ГФО «Михнево» за период 2010-2023 гг., предложена модель

реакции карбонатного коллектора на квазистационарное и сейсмическое воздействие.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** были установлены закономерности гидрогеологических откликов неравномерно трещиноватого карбонатного коллектора на квазистационарные факторы (земные приливы, атмосферное давление) и сейсмическое воздействие в напорных и слабонапорных условиях с учетом различий структурных и фильтрационных параметров; разработана модель реакции карбонатного коллектора на квазистационарное и сейсмическое воздействие.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что** был разработан комплекс методов обработки экспериментальных данных, определены диапазоны вариаций проницаемости карбонатного коллектора в недренируемых условиях под влиянием квазистационарных факторов по данным многолетних наблюдений, проводимых на территории ГФО «Михнево». Сопоставление результатов теоретических расчетов, выполненных по результатам регистрации параметров колебаний грунта, с экспериментальными измерениями вариаций порового давления, зарегистрированными при прохождении сейсмических волн от удаленных землетрясений, позволяет определять коэффициенты нарушенности флюидонасыщенного коллектора. Полученные значения, свидетельствующие о пороупругом и неупругом деформировании неравномерно трещиноватого карбонатного коллектора, рекомендуется учитывать при строительстве объектов повышенного уровня ответственности в сложных инженерно-геологических условиях. Зарегистрированные значения параметров косейсмических и постсейсмических эффектов на территории ГФО «Михнево» могут быть использованы при разработке методики прогнозной оценки вариаций давления в флюидонасыщенных коллекторах и уровня относительной деформации среды.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что обоснованность представленных результатов обеспечивается использованием апробированных измерительных методик, современными методами обработки больших массивов экспериментальных данных. Полученные за многолетний период наблюдений 2010–2023 гг. на территории ГФО «Михнево» результаты, согласуются с результатами и данными, опубликованными другими исследователями.**

**Личный вклад соискателя состоит в выполнении всех этапов диссертационной работы. Соискатель принимал непосредственное участие в формировании базы данных и обработке гидрогеологических и барометрических данных, полученных на территории ГФО «Михнево» за период наблюдений 2010–2023 гг. На основе барометрического и приливного анализа вариаций уровня подземных вод определены фоновые параметры флюидонасыщенного коллектора, исследовано влияние сейсмических волн от удаленных землетрясений на карбонатный коллектор. Результаты выполненных теоретических расчетов сопоставлены с экспериментально полученными данными. Предложена модель реакции карбонатного коллектора на квазистационарное и сейсмическое воздействие, построенная по данным ГФО «Михнево».**

В ходе заседания диссертационного совета соискателем были даны исчерпывающие ответы на замечания, высказанные оппонентами, ведущей организацией и содержащиеся в отзывах на автореферат.

Диссертация С.М. Петуховой является законченным научным исследованием на актуальную тему. Личный вклад соискателя в проведение исследований является существенным. Работа обладает необходимой научной новизной, практической и фундаментальной значимостью и удовлетворяет требованиям ВАК к кандидатским диссертациям.

При проведении тайного голосования из 21 утвержденных членов диссертационного совета на заседании присутствовало 15 членов совета, из них 9 докторов наук по специальности 1.6.9 – «Геофизика». Результаты голосования о присуждении ученой степени кандидата физико-математических наук: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

На заседании 25 января 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Петуховой С.М. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.9 - «Геофизика».

Зам. председателя диссертационного совета  
24.1.059.01, доктор физ.-мат. наук



С. Б. Турунтаев

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.1.059.01, доктор физ.-мат. наук

А.А. Спивак

*Handwritten signature*

*25.01.2024 г.*