

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.098.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ  
МЕХАНИКИ ИМЕНИ А.Ю. ИШЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
БАРКОВА СВЯТОСЛАВА ОЛЕГОВИЧА  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело N \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета  
от 12 декабря 2024 года, протокол № 5

О присуждении Баркову Святославу  
Олеговичу, гражданину Российской  
Федерации ученой степени кандидата физико-  
математических наук.

Диссертация «Геомеханическое моделирование механических и фильтрационных процессов в низкопроницаемых нефтегазовых пластах в условиях сложного нагружения» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела принята к защите 10 октября 2024 года, протокол № 3 диссертационным советом 24.1.098.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (119526, Москва, проспект Вернадского, д. 101, к. 1, приказ о создании диссертационного совета № 225/нк от 14.02.2023)

Соискатель Барков Святослав Олегович, 03 апреля 1997 года рождения, в 2020 г. окончил магистратуру физического факультета государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «Физика». С 2020 г. проходил обучение в очной аспирантуре ИПМех РАН. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2024 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук. В период подготовки диссертации Барков С.О. работал в Федеральном

государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН) в лаборатории геомеханики в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории геомеханики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор технических наук Карев Владимир Иосифович. Работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук в должности зам.директора по научным вопросам.

**Официальные оппоненты:**

**Зайцев Алексей Вячеславович**, кандидат физико-математических наук, Доцент кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» (Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»);

**Попов Сергей Николаевич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта (ФГБУН Институт проблем нефти и газа РАН)

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук. В своем положительном заключении, подписанном главным научным сотрудником лаборатории горной информатики д.ф.-м.н. Назаровой Л.А. и и.о. заведующего лабораторией механики взрыва и разрушения горных пород д.ф.-м.н. Шер Е.Н., указала, что диссертационная работа Баркова С.О.

посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию деформационных и фильтрационных свойств низкопроницаемых пород-коллекторов в неравнокомпонентном квазистатически изменяющемся поле напряжений для выявления условий, позволяющих целенаправленно варьировать транспортные характеристики околоскважинного пространства и увеличивать флюидоотдачу скважин. Поэтому актуальность темы диссертации не вызывает сомнений.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, из них по теме диссертации опубликовано 21 научная работа, изданных в периодических научных изданиях, сборниках материалов и тезисах докладов международных и всероссийских конференций, в том числе 9 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, 1 публикация входит в категорию К2.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Коваленко Ю.Ф., Карев В.И., Барков С.О., Химуля В.В. Анализ подходов к изучению влияния напряженно-деформированного состояния на механические и фильтрационные свойства пород-коллекторов // Процессы в геосредах. 2024. № 1 (39). С. 2386–2395.
2. Химуля В.В., Барков С.О. Анализ изменения внутренней структуры низкопроницаемых пород-коллекторов средствами компьютерной томографии при реализации метода направленной разгрузки пласта // Актуальные проблемы нефти и газа. 2022. № 4 (39). С. 27–42.
3. Барков С.О. Развитие подходов к прогнозированию добычи нефти на основе статистических методов моделирования // Процессы в геосредах. 2021. № 4. С. 1307–1314.
4. Барков С.О., Шевцов Н.И. Определение оптимальных параметров и режимов эксплуатации скважин в низкопроницаемых коллекторах на

установке истинно трехосного нагружения // Процессы в геосредах. 2022. № 3. С. 1729–1734.

5. Barkov S.O., Khimulia V.V. Evolution of Approaches to Modelling Geomechanical Processes in Oil and Gas Reservoirs // PMMEEP 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer International Publishing AG, 2023. P. 239–249.

6. Barkov S.O., Shevtsov N.I. Determination of optimal parameters and modes of well operation in low-permeability reservoirs on a true triaxial loading unit // PMMEEP 2022. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer International Publishing AG, 2023. P. 181–188.

7. Barkov S., Khimulia V. Study of elastic-strength properties of low-permeability reservoir rocks in the Verkhnevilyuchanskoye oil and gas field on a true triaxial loading unit // AIP Conference Proceedings. 2023. V. 2910. No. 1. P. 020115.

8. Khimulia V., Barkov S. Analysis of permeability changes of the Astrakhanskoye field rocks while implementing the method of directional unloading of the reservoir based on x-ray computed tomography // AIP Conference Proceedings. 2023. V. 2910. No. 1. P. 020114.

9. Karev V.I., Barkov S.O. Adapting the method of directional unloading of the formation for low permeable deposits // PMMEEP 2021. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Cham: Springer International Publishing AG, 2022. P. 33–39.

Соискатель принимал непосредственное участие в постановке научных задач, вошедших в диссертационную работу, их решении, анализе результатов и подготовке публикаций [1-9]. В работах [1, 3, 5] автором проведен анализ литературы и выполнен обзор развития подходов к моделированию механических и фильтрационных процессов в нефтегазовых пластах и экспериментальным исследованиям влияния напряженно-деформированного состояния на механические и фильтрационные свойства пород-коллекторов. В работе [7] автором было проведено определение упруго-прочностных характеристик низкопроницаемых пород-коллекторов одного из рассматриваемых месторождений. В работах [4, 6, 9] анализ

напряженного состояния пород в окрестности скважин с различной геометрий забоя и последующая разработка программ нагружения образцов пород-коллекторов с учетом условий их залегания осуществлялись совместно с научным руководителем и соавторами публикаций, но предварительные исследования образцов и проведение их последующих испытаний на установке истинно трехосного нагружения ИСТНН осуществлялись автором лично. В работах [4, 6, 9] проводится адаптация метода направленной разгрузки пласта к условиям рассматриваемых месторождений и по результатам проведенных испытаний образцов определяются оптимальные параметры геомеханического воздействия на низкопроницаемые породы продуктивных горизонтов данных месторождений, приводящие к увеличению их фильтрационных свойств. В работах [2, 8] сканирование образцов после геомеханических испытаний на высокоразрешающем микротомографе ProCon X Ray CT-MINI проведено автором лично. В работах [2, 8] на основе проведенных томографических исследований были изучены трехмерные внутренние структуры образцов пород после геомеханического воздействия и осуществлено на них моделирование фильтрационных процессов с целью определения конечной трещинной проницаемости образцов.

Обработка и анализ результатов геомеханических испытаний на установке ИСТНН [4, 6, 9], а также обработка массива данных РКТ и численное моделирование фильтрационных процессов на трехмерных цифровых структурах образцов [2, 8] осуществлены совместно с научным коллективом лаборатории геомеханики.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

- д.ф.-м.н., главного научного сотрудника лаборатории горной информатики ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН Назаровой Л.А. и д.ф.-м.н., и.о. заведующего лабораторией механики взрыва и разрушения горных пород ФГБУН Института горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН Шер Е.Н., которые наряду с

положительным отзывом сделали следующие замечания: 1. При теоретическом обосновании исследований принята гипотеза Гейма о гидростатическом поле внешних напряжений в окрестности скважины (горное давление  $q$ ). От этого параметра и зависят все напряжения. Между тем, во многих нефтеносных провинциях превалирует взбросовый геодинамический режим, когда горизонтальные напряжения во внешнем поле больше вертикальных. Как надо видоизменить модель для учета неравнокомпонентности внешнего поля напряжений? 2. При рассмотренных типичных конфигурациях G1-G3 в околоскважинном пространстве возникает сложное объемное напряженное состояние даже при гидростатическом поле внешних напряжений. Почему для обоснования программы экспериментов используются простые одномерная (задача Ламе) и плоская (задача Кирша) модели? Это необходимо пояснить. 3. Гидродинамическое моделирование в рамках моделей Стокса и Навье-Стокса с использованием коммерческого симулятора позволило оценить «трещинную проницаемость». Анализировалась ли при этом матричная проницаемость? В тексте диссертации ничего не сказано о трещиновато-пористых моделях сред. 4. Известно, что проницаемость трещин существенно зависит от величины нормальных к их плоскости напряжений. Позволяют ли полученные результаты установить эту зависимость? 5. В тексте диссертации встречаются грамматические ошибки и стилистические неточности (например, стр. 5, 24, 38).

- д.т.н., главного научного сотрудника лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта ФГБУН Института проблем нефти и газа РАН Попова С.Н., который наряду с положительным отзывом сделали следующие замечания: 1. По мнению оппонента у диссертации слишком общее название. Его следовало конкретизировать с точки зрения экспериментальных исследований образцов керна. 2. В обзорной главе следовало больше внимания уделить существующим современным исследованиям по изучению фильтрационно-емкостных и физико-

механических свойств пород низкопроницаемых коллекторов. 3. На данный момент к низкопроницаемым относятся породы с проницаемостью ниже 2 мД, однако у автора проницаемость некоторых из образцов несколько выше данного значения. 4. Автор говорит о том, что ООО «Газпром бурение» разрабатывает исследуемые продуктивные образцы. Однако данная компания только разбурирует данные пласты. Разрабатывают данные месторождения Астраханское ГКМ – ООО «Газпром добыча Астрахань», Верхневиллючанское – ООО «Газпром добыча Ноябрьск». 5. В заключительной части диссертации следовало сформулировать – как спроецировать полученные результаты численного моделирования трещин, непосредственно, в околоскважинную зону и их влияние на работу скважин.

- к.ф.-м.н., доцент кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Зайцев А.В., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. Список литературы оформлен не по алфавиту, а по мере поступления ссылки на цитируемую работу. Публикации на русском и английском языках идут попеременно. Это представляет определенное неудобство. Когда необходимо выяснить информацию о наличии научной работы того или иного автора, приходится просматривать весь список. Каждая глава должна содержать вначале перечень публикаций соискателя, в соответствии с которыми изложен материал этой главы. Отсутствуют четко структурированные выводы по первой, второй, третьей и четвертой главам. 2. Реальные программы нагружения, которые обрабатывались во время проведения экспериментов на ИСТНН (определение проницаемости вдоль оси керна и в перпендикулярном к нему направлении для необсаженной скважины; определение проницаемости вдоль оси керна для обсаженной скважины с перфорационным отверстием) с низкопроницаемыми породами Верхневиллючанского нефтегазоконденсатного месторождения, не вполне соответствовали

разработанным в третьей главе. Вместо предполагаемых трехзвенных ломаных имели место многозвенные. При остановках во время отработки программ наблюдалась кратковременная ползучесть, регистрация которой должна была потребовать дополнительное уточнение и/или корректировку программ нагружения. 3. В диссертационной работе приведены результаты сравнения касательных модулей карьерного песчаника, определенных только для первого этапа ступенчатого нагружения на ИСТНН и на установке, реализующей схему Кармана, при боковом давлении в 2.0 МПа. Для других этапов этих сравнений в тексте рукописи почему-то нет. 4. Из текста диссертационной работы не ясно, какие гипотезы использовались при выборе граничных условий для плоскостей образца, перпендикулярных направлению фильтрации, при моделировании фильтрационных процессов в реальных трехмерных поврежденных структурах, которые были получены при томографических исследованиях после экспериментов на ИСТНН. Еще одним из возможных вариантов могли бы быть условия, соответствующие плоскостям симметрии.

- к.т.н., доцент, доцент кафедры Механики грунтов и Геотехники ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» Манько А.В., который наряду с положительным отзывом сделал следующее замечание: 1. По автореферату имеется следующий вопрос: как учитывался масштабный эффект в лабораторных условиях при сделанных выводах о полученных результатах для всего реального массива?
- д.т.н., профессора, директора по научной работе и инновациям ООО «НПП Геотек» Болдырева Г.Г., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. Отсутствует обоснование применения условия прочности Мора-Кулона для горных пород. Как правило, в этом случае, используется условие Хоека-Брауна. Кроме того, в эти условия прочности не входит промежуточное главное напряжение

$\sigma_2$ , а испытания были проведены при нагружении образцов тремя главными напряжениями. 2. Из содержания автореферата не понятно какие траектории напряжений были использованы в опытах и как они соответствуют реальному силовому нагружению в окрестности скважины. Как они влияют на деформационные, прочностные и фильтрационные свойства горной породы?

- д.ф.-м.н., профессора, главного научного сотрудника ИГД СО РАН Чанышева А.И., который наряду с положительным отзывом сделал следующие замечания: 1. Получены кривые неупругого деформирования горных пород, возникает вопрос – где обработка этих данных? Справедливы ли здесь, например, гипотезы деформированной теории пластичности для металлов? 2. Экспериментально определялись сцепление, угол внутреннего трения. Непонятно в каком месте диссертации нашел применение критерий Кулона-Мора, в который входят указанные величины?

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у официальных оппонентов и представителя ведущей организации публикаций по теме работы соискателя:**

1. Wang K.X., Pan Y.S., Dou L.M., Aleksandrova N.I., Oparin V.N., Chanyshev A.I. Effect of block medium parameters on energy dissipation // Journal of Applied Mechanics and Technical Physics. 2019. V. 60(5). p.926-934.
2. Nazarova L.A., Nazarov L.A., Golikov N.A., Skulkin A.A. Stress-permeability dependence in geomaterials from laboratory testing of cylindrical specimens with central hole // Journal of Mining Science. 2019. V.55(5). p. 18\_25.
3. Wang K.-X., Pan Y.-S., Dou L.-M., Oparin V.N. Experimental study of incompatible dynamic response feature of block rock mass // Yantu Lixue. 2020, ч. 41(4). p.1227-1234.

4. Шер Е.Н. Численная оценка сопротивления внедрению клиновидного инструмента в хрупкий породный массив с учетом равновесного развития магистральной трещины // ФТПРПИ. 2021. № 6. с.85-94.
5. Миренков В.Е. .Щеформирование пород в окрестности выработки на большой глубине //ФТПРПИ.2021. № 3. с.24-30.
6. Karchevsky A.L., Nazarov L.A., Nazarova L.A. New method to interpret the "canister test" data for determining kinetic parameters of coalbed gas: theory and experiment // Inverse Problems in Science and Engineering. 2021. V. 29(3): 1-10.
7. Шер Е.Н. Моделирование разрушения горных пород сближенными шпуровыми зарядами при контурном взрывании // ФТПРПИ.2023. № 5. С. 70-,77.
8. Larisa A Nazarova, Leonid A Nazarov. Method for weak zones location at the coal-bed - host rock joint relative to the problem of sudden outbursts: theory and laboratory experiment // Frattura ed Integrita Strutturale. 2023. V. 17(63). P. 13-25.
9. Попов С.Н., Сметанников О.Ю. Разработка численной модели околоскважинной зоны трещиноватого карбонатного коллектора, учитывающей изменение проницаемости систем трещин под воздействием механико-химических эффектов при нагнетании воды и изменяющихся эффективных напряжений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2019. № 4. С. 46-51.
10. Попов С.Н., Чернышов С.Е. Численное моделирование неоднородного напряженно-деформированного состояния и прогноз изменения проницаемости прискважинной зоны при создании щелевой перфорации в терригенном коллекторе // Актуальные проблемы нефти и газа. 2020. № 4 (31).
11. Chernyshov S.E., Popov S.N. The influence of geomechanical factors on the oil well productivity and the bottom-hole zone permeability of reservoir exposed

by slotted perforation // Processes in GeoMedia - Volume III. Springer. 2021. P. 167-182. DOI: 10.1007/978-3-030-69040-3\_18.

12. Попов С.Н. Определение коэффициента запаса прочности цементного камня на основе численного моделирования напряженно-деформированного состояния околоскважинной зоны с учетом изменения упруго-прочностных свойств цемента в процессе его твердения и под воздействием кислотного реагента И SOCAR Proceeding. 2021. № S2. С.8-16.

13. Попов С.П., Чернышов С.Е., Гладких Е.А. Влияние деформаций терригенного коллектора в процессе снижения пластового давления на изменение проницаемости и продуктивности скважин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 9. С. 148-157. DOI: 10.18799/24131830/2022/9/3640.

14. Чернышов С.Е., Попов С.И., Варушкин С.В., Мелехин А.А., Кривошеков С.Н., Рен Ш. Научное обоснование методов вторичного вскрытия фаменских отложений юго-востока Пермского края на основании геомеханического моделирования // Записки Горного института. 2022. Т.257. С.732-743. DOI: 10.31897/PMI.2022.51

15. Popov S., Chernyshov S., Gladkikh E. Experimental and numerical assessment of the influence of the bottomhole pressure drawdown on terrigenous reservoir permeability and well productivity // Fluid dynamics and material processing. 2023. V. 19. No. 3. P. 619-634.

16. Чернышов С.Е., Попов С.Н., Савич А.Д., Дерендяев В.В. Анализ устойчивости крепи нефтедобывающих скважин при проведении кумулятивной перфорации на основе результатов геомеханического моделирования // Георесурсы. 2023. Т. 25. № 2. С. 245-253. DOI: 10.18599/grs.2023.2.18.

17. Попов С.Н., Михайлов Н.Н. Механико-химические эффекты при разработке месторождений нефти и газа: учебное пособие. Москва: Издательский центр РГУ нефти и газа (ИИУ) им. И.М. Губкина. 2023. 300 с.
18. Попов С.Н., Чернышов С.Е. Численный анализ поля распределения давления и векторов скорости ПОТОКЕ жидкости вблизи отверстий кумулятивной перфорации h Инжиниринг георесурсов. 2024. Т. 335. № 4. С. 80-87 DO 1: 10.18799/2413 1830/2024/4/4295.
19. Matveenko V., Serovaev G., Fedorov A., Galkina E., Zaitsev A. Determination of elastic moduli and Poisson's ratios of bi-modulus materials based on the results of four-point bending test // Materials and Structures. - 2024. - Vol. 57, Iss. 4. <https://doi.org/10.1617/s11527-024-02373-3>
20. Зайцев А.В., Соколкин Ю.В., Фукалов А.А. Решение задачи Ламе для составных трансверсально-изотропных сфер с общим центром // Вести. Сам. гос. техн. ун-та. Серия: Физико-математические науки. - 2021.-Т. 25, № 1.-С. 83-96.
21. Фукалов А.А., Зайцев А.В., Соколкин Ю.В., Баяндин Ю.В. Равновесие жестко закрепленной на внешней поверхности полый трансверсально-изотропной толстостенной сферы, находящейся под действием равномерного внутреннего давления и гравитационных сил // Вести. Сам. гос. техн. ун-та. Серия: Физ.-мат. науки.-2021.-Т. 25, №2. С. 303-319.
22. Пантелеев И.А., Мубассарова В.А., Зайцев А.В., Карев В.И., Коваленко Ю.Ф., Устинов К.Б., Шевцов Н.И. Эффект Кайзера при многоосном непропорциональном сжатии песчаника // Доклады РАН. Физика, технические науки. - 2020. - Т. 495, № 1. - С. 63- 67.
23. Panteleev I.A., Mubassarova V.A., Zaitsev A.V., Karev V.I., Kovalenko Y.F., Ustinov K.B., Shevtsov N.I. The Kaiser effect under multiaxial nonproportional compression of sandstone // Doklady Physics. - 2020. - Vol. 65, № 11.- С. 396-399. DOI: <https://doi.org/10.1134/S102833582011007>

24. Пантелеев И.А., Мубассарова В.А., Зайцев А.В., Шевцов Н.И., Коваленко Ю.Ф., Карев В.И. Эффект Кайзера при трехосном сжатии песчаника с последовательным вращением эллипсоида заданных напряжений // ФТПРПИ. -2020. - № 3. - С. 47-55.

25. Panteleev I.A., Mubassarova V.A., Zaitsev A.V., Shevtsov N.I. Kovalenko Y.F., Karev V.I. Kaiser Effect in sandstone in polyaxial compression with multistage rotation of an assigned stress ellipsoid // J. Mining Sci. - 2020. - Vol. 56, № 3. - P. 370-377. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1062739120036653>

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методика физического моделирования на установке истинно трехосного нагружения реальных механических и фильтрационных процессов, протекающих в низкопроницаемых продуктивных пластах с целью изучения закономерностей деформирования, разрушения и изменения фильтрационных свойств таких пород-коллекторов,

**разработана** методика проведения томографических исследований пород-коллекторов, включающая подготовку образцов, подбор оптимальных параметров сканирования, обработку массива данных рентгеновской компьютерной томографии и их трехмерную реконструкцию, фильтрацию и сегментацию полученных изображений, проведение численного моделирования фильтрационных процессов на трехмерных цифровых структурах образцов,

на примере двух исследуемых месторождений **доказана** эффективность применения геомеханического подхода к повышению эффективности разработки месторождений, сложенных низкопроницаемыми породами.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

применительно к проблематике диссертации результативно, то есть с получением обладающих новизной результатов, **использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе

экспериментальных методик, математических методов обработки данных рентгеновской компьютерной томографии и численных методов моделирования,

**изучены** закономерности деформирования, разрушения и связанного с ними изменения фильтрационных свойств низкопроницаемых пород-коллекторов исследуемых месторождений в условиях сложного нагружения,

**проведена** адаптация метода направленной разгрузки пласта, направленного на повышение продуктивности скважин и нефтегазоотдачи пластов, к условиям исследуемых нефтегазовых месторождений с низкопроницаемыми коллекторами.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

на основе результатов испытаний пород на установке истинно трехосного нагружения, позволяющей создавать в образцах реальные напряжения, возникающие в окрестности скважины при проведении любых технологических операций, **разработан** способ определения параметров оптимального геомеханического воздействия на низкопроницаемые пласты месторождений с целью повышения продуктивности скважин и нефтегазоотдачи пластов, и он реализован для условий исследуемых месторождений. Способ включает определения необходимых для этого давлений в скважине и геометрии забоя.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

результаты **получены** на сертифицированном испытательном и измерительном оборудовании с высокими метрологическими характеристиками, показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях, использованы современные методики обработки исходной информации и подходы к численному моделированию.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

непосредственном участии на всех этапах исследования, включающих постановку научных задач, их решение, проведение научных экспериментов и получение исходных данных. Соискатель проводил обработку и

интерпретацию результатов экспериментальных исследований, участвовал в их апробации и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания и заданы следующие вопросы: вопрос об учете масштабного эффекта в проводимых исследованиях; вопрос, на каком расстоянии от оси скважины удастся путем геомеханического воздействия добиться существенного увеличения проницаемости пород; вопрос о способе измерения проницаемости образцов на установке ИСТНН; вопрос о связи выбранной модели упруго изотропной среды с результатами ультразвукового прозвучивания образцов; вопрос о научной новизне проведенных исследований.

Соискатель Барков С.О. ответил по существу на задаваемые ему в ходе заседания вопросы. Дал пояснения, почему при физическом моделировании на установке ИСТНН напряженных состояний на контуре скважины речи о масштабном эффекте в его обычном понимании не идет; ответил на вопрос, на каком удалении от оси скважины удастся увеличить проницаемость пород и при каких условиях зона растрескивания пород может быть увеличена; дал пояснения по методике измерения проницаемости образцов породы на установке ИСТНН; объяснил, как на основании результатов ультразвукового прозвучивания образцов и трехосных испытаний был сделан вывод об изотропии упругих свойств исследуемых пород и в результате чего была выбрана модель упруго изотропной среды при проведении теоретического анализа; пояснил, в чем заключается новизна проведенных исследований и полученных результатов.

На заседании 12.12.2024 **Диссертационный совет принял решение** за выполненные исследования по развитию геомеханического подхода к решению проблем эксплуатации месторождений с низкопроницаемыми коллекторами и получение новых результатов, имеющих существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела и создания

научных основ новых технологий добычи, присудить Баркову Святославу Олеговичу учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
24.1.098.01 при ИПМех РАН,  
академик РАН



Климов Д.М.

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.1.098.01 при ИПМех РАН  
к.ф.-м.н.



Сысоева Е.Я.

13 декабря 2024 г.