

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.419.03, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА  
НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 18.03.2022 № 11

О присуждении Белозерову Ивану Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии цифрового моделирования ядра для определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов» по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (технические науки) принята к защите 23 декабря 2021 года (протокол заседания № 2) диссертационным советом 24.2.419.03, созданным на базе ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38, приказ о создании совета № 136/нк от 15 февраля 2019 года.

Соискатель Белозеров Иван Павлович, 02 декабря 1991 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности 130503 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Белозеров Иван Павлович являлся аспирантом в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» с 01 сентября 2014 года по 31 августа 2017 года.

В 2018 году окончил аспирантуру Федерального государственного

автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 05.06.01 - Науки о Земле.

В период подготовки диссертации соискатель Белозеров Иван Павлович работал:

- В Инновационно-технологическом центре арктических нефтегазовых лабораторных исследований Высшей школы энергетики, нефти и газа САФУ имени М.В. Ломоносова в должности инженера;

- На кафедре бурения скважин, разработки нефтяных и газовых месторождений в Высшей школе энергетики, нефти и газа САФУ имени М.В. Ломоносова в должности старшего преподавателя.

Диссертация выполнена на кафедре «Геология и горных работ» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры «Геология и горных работ» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» Губайдуллин Марсель Галиуллинович.

Официальный оппоненты:

1. Путилов Иван Сергеевич – доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научной работе в области геологии филиала ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», «ПермНИПИнефть» (г. Пермь).

2. Галкин Сергей Владиславович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, декан горно-нефтяного факультета ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь), дали положительные отзывы.

Ведущая организация – ООО «Тюменский нефтяной научный центр»

(г. Тюмень), в своем положительном отзыве, подписанным Галикеевым Русланом Маратовичем, кандидатом технических наук, ученым секретарем научно-технического совета Общества с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр», и утвержденным Аржиловским Андреем Владимировичем, кандидатом технических наук, генеральным директором ООО «Тюменский нефтяной научный центр», указала, что диссертация Белозерова Ивана Павловича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в установлении экспериментальной зависимости проницаемости по флюиду, определенные на керновом материале, от пористости по ГИС, которые могут быть использованы для прогнозирования проницаемости терригенных коллекторов по нефти при цифровом моделировании керна, и имеет значение для развития нефтегазовой отрасли. Диссертация соответствует специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 40 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы. Объем научных изданий – 35 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, включающие научные статьи. Объем научных изданий – 5,49 п.л.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Белозеров, И.П. Experimental determination of porosity and permeability properties of terrigenous reservoirs for creation and validation of a digital core model / И.П. Белозеров // Arctic Environmental Research. - 2018. - Т. 18. № 4. - С. 141-147. (авторский вклад – 100 %).

2. Белозеров И.П. О концепции технологии определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов на цифровой

модели керна / И.П. Белозеров, М.Г. Губайдуллин // Записки Горного института. - 2020. - Т. 244. - С. 402-407. (авторский вклад – 70 %).

3. Belozеров, I. Examination of clastic oil and gas reservoir rock permeability modeling by molecular dynamics simulation using high-performance computing // I. Belozеров, V. Berezovsky, A. Yur'ev, M. Gubaydullin // 4th Russian Supercomputing Days Conference. - 2019. - Vol. 965. - P. 208-217 (авторский вклад – 50 %).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1. Керимов Абдул-Гапул Гусейнович**, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», д.т.н, заведующий кафедрой геофизических методов поиска и разведки месторождений полезных ископаемых. г. Ставрополь. *Замечаний нет.*

**2. Долгаль Александр Сергеевич**, «Горный институт Уральского отделения Российской академии наук» - филиал ФГБУ науки Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник. г. Пермь. *Замечаний нет.*

**3. Костицын Владимир Ильич**, ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», д.т.н., заведующий кафедрой геофизики. г. Пермь.

*Замечания:*

- автор указывает, что пористость тела, состоящего из одинаковых шаров при кубической укладке, составляет 47,6 %, а при плотнейшей ромбоэдрической – 25,96%. На основании чего автор делает такой вывод?

- на мой взгляд, глава 4 является неполной и ограничена анализом только 5 месторождений с терригенными коллекторами Тимано-Печерской провинции. Необходимо было провести специализированные исследования, в которых используются результаты геофизических исследований скважин месторождений со схожими геологическими условиями, строением и в значительно большем объеме.

**4. Губайдуллин Ирек Марсович**, Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией математической химии, ведущий научный сотрудник. г. Уфа.

*Замечания:*

- по заключению автореферата не совсем понятна, оценена ли возможность использования данных ГИС для установления и использования конкретных параметров при цифровом моделировании керна согласно 4-ой задачи исследования.

- в формуле (1)  $d^2$  в числителе и  $d$  в знаменателе можно же сократить. Чем объясняется такая запись? И размерность в левой части уравнения (1) получается  $г \cdot м^2/с^2$ . А в правой части сила. Что за размерность силы?

- в формуле (4), с левой стороны получается размерность  $мкм^2$ . А справа, если учесть, что  $A$  и  $B$  – это числовые коэффициенты, получается %. Как это понять?

**5. Павлова Зухра Хасановна**, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», д.т.н., директор института цифровых систем, автоматизации и энергетики. г. Уфа.

*Замечания:*

- из работы непонятно какими критериями руководствовался автор при выборе метода электродинамической аналогии для оценки проницаемости цифровой модели керна.

- в работе для проведения анализа результатов проведенных геофизических исследований скважин и дальнейшего построения корреляционных связей «кern-ГИС» были выбраны коэффициенты пористости, полученные по данным нейтронного каротажа? Оценка пористости по данным нейтронного каротажа не всегда отличается высокой степенью достоверности и зависит от большого количества факторов.

**6. Черевко Михаил Александрович**, ПАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», к.т.н., генеральный директор. г. Мегион.

*Замечания:*

- заявленный анализ по сопоставлению данных ГИС и проницаемости по керну проведен по 5 скважинам 5 месторождений, что является недостаточным для полноценной выборки и полного исключения влияния случайных величин;
- в работе уделено недостаточно внимания границам применимости цифрового моделирования керна в рамках исследования керна материала.

**7. Сотников Олег Сергеевич**, Татарский научно-исследовательский и проектный институт нефти ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, к.т.н., начальник отдела исследования скважин, коллекторов и углеводородов.

г. Бугульма.

*Замечания:*

- не совсем понятны принципы применения теории перколяции и аналитических методов применительно к диссертационному исследованию;
- в работе следовало бы более детально пояснить методику изучения литолого-петрографических шлифов применительно к теме исследования.

**8. Варфоломеев Михаил Алексеевич**, ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, к.х.н., заведующий кафедрой разработки и эксплуатации месторождений трудноизвлекаемых углеводородов. г. Казань.

*Замечания:*

- из работы не совсем понятно каким образом использовался метод молекулярной динамики при математическом моделировании керна материала;
- в работе недостаточно внимания уделено проведенным автором исследованиям по созданию цифровых моделей керна терригенных пород-коллекторов нефти Тимано-Печерской провинции с дальнейшим определением по ним открытой пористости и абсолютной газопроницаемости.

**9. Ващенко Галина Вадимовна**, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», к. ф.-м. н., доцент кафедры «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы». г. Красноярск.

*Замечание:*

- по всей видимости, моделирование в работе не ограничивалось формулами 1-2 стр.11 реферата, хотелось бы видеть на какие именно положения «...теоретических основ создания и совершенствования технологии моделирования керна» (стр. 12) опирался автор, то есть какие математические модели легли в основу исследования.

**10. Ксёنز Татьяна Геннадьевна, ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», к.т.н., доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики». г. Ухта.**

*Замечание:*

- недостаточно четко расставлены акценты на новизне разработки защищаемых положений.

Выбор официального оппонента Путилова Ивана Сергеевича, д.т.н., доцента, обосновывается тем, что он является известным специалистом в области цифровизации комплексных исследований керна, оценке их фильтрационно-емкостных свойств; имеет более 90 опубликованных научных работ.

Выбор официального оппонента Галкина Сергея Владиславовича д.г.-м.н., профессора, обуславливается тем, что он является экспертом в области численного моделирования и исследования фильтрационных параметров пород-коллекторов нефти. Оппонент имеет значительный опыт по направлениям исследований, связанным с математическим моделированием фильтрационных процессов. Имеет более 120 опубликованных научных работ.

Выбор ведущей организации ООО «Тюменский нефтяной научный центр» обосновывается тем что организация является ведущим центром по исследованиям кернового материала, изучении фильтрационно-емкостных свойств и цифрового моделирования керна. ООО «Тюменский нефтяной научный центр» широко известен высококвалифицированными специалистами и своими достижениями в данной области знаний.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных

соискателем исследований:

- **разработана** технология определения фильтрационно-емкостных свойств терригенных коллекторов, позволяющая получать адекватные результаты без использования кернового материала методами стохастической упаковки и молекулярной динамики;

- **доказана** целесообразность применения результатов геофизических исследований скважин для эффективного прогнозирования фильтрационно-емкостных характеристик пласта при цифровом моделировании керна;

- **обоснованы** методы стохастической упаковки и молекулярной динамики для формирования структуры порового пространства цифровых моделей керна терригенных нефтенасыщенных пород-коллекторов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** целесообразность применения метода электродинамической аналогии течения тока и движения газа для определения абсолютной газопроницаемости цифровой модели керна терригенных коллекторов;

- **применительно к проблематике** диссертации успешно (то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы стохастической упаковки, молекулярной динамики для построения поровых сетевых моделей пород-коллекторов нефти;

- **изложены** аргументы для получения исходных параметров при создании цифровых моделей керна, а также для определения различных подходов и методов, применяемых при их получении;

- **использован** междисциплинарный подход при реализации технологии создания цифровой модели керна, основанный на объединении нескольких программных продуктов в единый программно-аппаратный комплекс, в котором полученные результаты цифрового моделирования могут быть сопоставимы с результатами лабораторных исследований;

- **изучены** факторы, затрудняющие математическое моделирование порового пространства горных пород, а также методы и приборы, позволяющие работать с горной породой на микроуровне и получать



представительные результаты.

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

- **разработанная** и внедренная технология позволила повысить эффективность прогнозирования фильтрационно-емкостных характеристик пород коллекторов нефти в процессе выполнения хозяйственных работ (Акт о внедрении в ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» от 15.09.2021 г.);

- **созданный** и описанный автором подход позволяет проводить качественную оценку абсолютной газопроницаемости пород коллекторов нефти при малом количестве кернового материала на цифровой модели керна с применением теории перколяции и различных аналитических методов;

- **представлены** рекомендации по использованию результатов проведенных исследований в процессе проведения мероприятий по комплексному изучению терригенных пород-коллекторов нефти, которые могут использоваться специалистами керновых лабораторий и научно-технических центров.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **при проведении исследований** физических образцов кернового материала, результаты которых представлены в работе использовалось современное аттестованное оборудование; для проведения численного моделирования применялись лицензированные программные продукты, использовались мощности суперкомпьютера производительностью 17 TFLOPPS; поставленные в работе задачи решались с применением известных методов лабораторных исследований керна и методов математического моделирования;

- **экспериментально установлена** сходимость результатов определения газопроницаемости, определенной с применением разработанной автором технологии цифрового моделирования керна с результатами определения газопроницаемости, определенной по физическим образцам кернового

материала;

- **в работе было использовано** лицензированное программное обеспечение типа LAMMPS и MCCC Towhee, позволяющее с достаточной эффективностью проводить моделирование с применением методов стохастической упаковки и молекулярной динамики.

Личный вклад соискателя состоит в: анализе существующих технологий исследований ядерного материала с применением цифрового моделирования ядра; постановке цели и задач исследования, получении и анализе результатов на цифровой модели ядра и их сравнении с результатами тех же исследований, полученных по физическим образцам ядра; обосновании подходов при реализации технологии создания и функционирования цифровой модели ядра; апробации и подготовке публикаций по результатам выполненной работы.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания – критические замечания отсутствуют. В ходе обсуждения соискатель Белозеров И.П. ответил на все заданные ему в ходе защиты вопросы, согласился с рекомендациями. В ходе защиты диссертации не были высказаны критические замечания касательно научной новизны и теоретической значимости, защищаемых положений, внедрения и практической значимости выполненной диссертационной работы.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Белозерова Ивана Павловича является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании «18» марта 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Белозерову И.П. ученую степень кандидата технических наук за решение научной задачи, заключающейся в обосновании комплекса моделей и методов для формирования структуры порового пространства цифровой модели ядра терригенных коллекторов, и выполнении

верификации результатов теоретических исследований с экспериментальными данными при оценке литолого-петрографических и фильтрационно-емкостных характеристик пород коллекторов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 18, против - 3, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета



  
Яраги Маммаевич Курбанов

Ученый секретарь  
диссертационного совета

  
Татьяна Георгиевна Пономарева

«18» марта 2022 г.