

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.15
по диссертации Мартюшева Дмитрия Александровича
на соискание ученой степени доктора технических наук**

Диссертация «Методология учета анизотропии фильтрационных свойств продуктивных пластов при разработке залежей нефти (на примере месторождений Пермского края)» по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений принята к защите 03 октября 2023 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.15, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 6 апреля 2022 г. № 34-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Нефтегазовые технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор геолого-минералогических наук (25.00.12), профессор (по специальности 25.00.17), Галкин Сергей Владиславович, профессор кафедры «Нефтегазовые технологии» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

Официальные оппоненты:

1. Мулявин Семен Федорович – доктор технических наук (25.00.17), доцент, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;

2. Савенок Ольга Вадимовна – доктор технических наук (25.00.15; 25.00.17), доцент, профессор кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;

3. Фаттахов Ирик Галиханович – доктор технических наук (25.00.17), доцент, начальник отдела организации работ по ПНП УРС и ПНП ИА Публичного акционерного общества «Татнефть» им. В.Д. Шашина.

Ведущая организация: Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «Нефтегазтехнология» (ООО НПО «Нефтегазтехнология», г. Уфа). Отзыв ведущей организации утвержден директором, доктором технических наук (25.00.17), профессором Гильмановой Расимой Хамбаловной, заслушан на заседании отдела разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений (протокол №3 от 16 ноября 2023 г.) и подписан заместителем директора по науке, доктором геолого-минералогических наук Махмутовым Алмазом Аксановичем (25.00.12) и заведующим отдела разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, кандидатом физико-математических наук Щегловым Андреем Владимировичем (01.02.05).

По теме диссертации соискателем опубликовано 62 научные работы, в том числе 21 статья – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени ВАК РФ, 34 статьи – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования (Scopus и Web of Science), получены 4 патента РФ на изобретение и 2 свидетельства программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Evaluation of void space of complicated potentially oil-bearing carbonate formation using X-ray tomography and electron microscopy methods / S. V Galkin, **D. A. Martuyushev**, B. M. Osovetsky, [et. al.] // Energy Reports. – 2022. – Vol. 8. – P. 6245–6257. (Scopus, Web of Science)

В статье автором представлены и описаны результаты исследования разнообразия пустотного пространства образцов керна карбонатных пород с

использованием сканирующего электронного микроскопа и его влияния на процессы добычи нефти.

2. Numerical simulation of fracture propagation in Russia carbonate reservoirs during refracturing / Dao-Bing Wang, Fu-Jian Zhou, Yi-Peng Li, Bo Yu, **D.A. Martyushev**, Xiong-Fei Liu, [et al.] // Petroleum Science. – 2022. – Vol. 19(6). – P. 2781–2795. (Scopus, Web of Science)

В статье соискателем представлены результаты численного моделирования распространения трещин ГРП при первичных и повторных операциях на карбонатных объектах (с учетом анизотропии проницаемости) нефтяных месторождений Пермского края.

3. **Мартюшев, Д. А.** Изучение закономерностей распределения фильтрационных свойств в пределах сложнопостроенных резервуаров / Д. А. Мартюшев, В. И. Галкин, И. Н. Пономарева // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332, № 11. – С. 117–126. (перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье соискателем представлены результаты разработки комплексного критерия, позволяющего учитывать вертикальную и горизонтальную составляющие проницаемости.

4. **Martyushev, D. A.** Conditions for effective application of the decline curve analysis method / D. A. Martyushev, I. N. Ponomareva, V. I. Galkin // Energies. – 2021. – Vol. 14(20). – P. 6461. (Scopus, Web of Science)

В статье соискателем представлены результаты обоснования эффективных условий применения метода кривой стабилизации давления с помощью многомерного математического моделирования.

5. Особенности формирования призабойных зон продуктивных пластов на месторождениях с высокой газонасыщенностью пластовой нефти / В. И. Галкин, **Д. А. Мартюшев**, И. Н. Пономарева, И. А. Черных // Записки Горного института. – 2021. – Т. 249. – С. 386–392. (перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье соискателем изучено формирования призабойной зоны скважин (скин-фактора) на основе построения многоуровневых многомерных статистических моделей.

6. **Мартюшев, Д. А.** Оценка достоверности определения фильтрационных параметров продуктивных пластов с применением многомерного регрессионного анализа / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева, В. И. Галкин // SOCAR Proceedings. – 2021. – Special Issue 1. – P. 50–59. (Scopus, Web of Science)

В статье соискателем приведены результаты исследований, которые направлены на построение многомерных математических моделей для оценки достоверности определения фильтрационных параметров методами КСД и ДСА.

7. **Мартюшев, Д. А.** Совершенствование геолого-гидродинамической модели карбонатного нефтяного объекта путем учета параметра анизотропии / Д. А. Мартюшев // Записки Горного института. – 2020. – Т. 243. – С. 313–318. (Перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье автором описывается методика учета показателя анизотропии проницаемости в геолого-гидродинамических моделях.

8. **Мартюшев, Д. А.** Планирование циклического заводнения на основе анизотропной гидродинамической модели карбонатной залежи Гагаринского месторождения / Д. А. Мартюшев, А. Г. Менгалиев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 12. – С. 84–93. (перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье соискателем приводятся результаты расчета циклического заводнения на определенных очагах нагнетания с использованием усовершенствованной гидродинамической модели.

9. Менгалиев, А. Г. Оценка технологической и экономической эффективности гидравлического разрыва пласта с использованием геолого-гидродинамической модели, учитывающая особенности строения карбонатных коллекторов / А. Г. Менгалиев, **Д. А. Мартюшев** // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 37–48. (Перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье соискателем приводятся расчеты технологической эффективности проведения гидравлического разрыва пласта с использованием модифицированных геолого-гидродинамических моделей.

10. Статистическая оценка достоверности определения фильтрационных параметров пласта с применением кривых стабилизации давления и анализа добычи в различных геолого-физических условиях / И. Н. Пономарева, В. И. Галкин, **Д. А. Мартюшев**, И. А. Черных, К. А. Черный, С. В. Галкин // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 11(347). – С. 63–67. (Перечень ВАК)

В статье соискателем с использованием математической статистики приведено обоснование условий эффективного применения методов стабилизации давления и анализа добычи в различных геолого-физических условиях нефтяных месторождений Пермского края. Обоснованы условия эффективного применения методов для получения достоверных параметров пласта.

11. Пономарева, И. Н. Оценка достоверности определения фильтрационных параметров пласта на основе анализа добычи и кривых стабилизации давления / И. Н. Пономарева, **Д. А. Мартюшев** // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 8. – С. 111–113. (Перечень ВАК, Scopus)

В статье соискателем приводятся результаты интерпретации данных исследований методами кривой стабилизации давления и анализа добычи в различных геолого-физических условиях нефтяных месторождений Пермского края.

12. **Мартюшев, Д. А.** Оценка информативности определения фильтрационных параметров пласта на основе интерпретации кривых стабилизации давления / Д. А. Мартюшев, А. Ю. Слушкина // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 10. – С. 26–32. (Перечень ВАК, Scopus, Web of Science)

В статье соискателем приводятся результаты интерпретации исследований методом кривой стабилизации давления и обосновываются факторы, которые влияют на достоверность определения фильтрационных параметров в программном продукте KARPA Workstation.

13. Менгалиев, А. Г. Определение и изменение показателя анизотропии проницаемости в процессе разработки карбонатной залежи нефтяного месторождения / А. Г. Менгалиев, **Д. А. Мартюшев** // Инженер-нефтяник. – 2019. – № 1. – С. 27–33. (Перечень ВАК)

В статье соискателем приводятся закономерности изменения параметра анизотропии проницаемости от пластового и забойного давлений.

14. **Мартюшев, Д. А.** Исследование особенностей выработки запасов трещинно-поровых коллекторов с использованием данных гидродинамических исследований скважин / Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 10. – С. 102–104. (Перечень ВАК, Scopus)

В статье соискателем описаны основные закономерности выработки запасов из карбонатных залежей на основе специально выполненной интерпретации материалов гидродинамических исследований скважин.

15. **Мартюшев, Д. А.** Оценка фильтрационно-емкостных характеристик карбонатных коллекторов на полноразмерных образцах керна / Д. А. Мартюшев, Н. Д. Козырев // Инженер-нефтяник. – 2015. – № 1. – С. 38–41. (Перечень ВАК)

В статье соискателем приводятся результаты определения анизотропии проницаемости с использованием полноразмерных образцов керна терригенных и карбонатных горных пород.

16. Оценка анизотропии проницаемости карбонатных коллекторов по кривым восстановления давления / С. С. Черепанов, **Д. А. Мартюшев**, И. Н. Пономарева, Г. П. Хижняк // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 60–61. (Перечень ВАК, Scopus)

В статье описана предложенная соискателем методика оценки анизотропии проницаемости по данным гидродинамических исследований скважин при неустановившихся режимах.

17. Способ определения анизотропии проницаемости горных пород: пат. 2752913 RU / **Д. А. Мартюшев**; заявитель и патентообладатель: ФГАОУ ВО ПНИПУ - № 2020140054; заявл. 04.12.2020, опубл. 11.08.2021.

Соискателем предложена методика, позволяющая с высокой степенью достоверности определять вертикальную и горизонтальную составляющие проницаемости карбонатного коллектора.

18. Способ прогнозирования дебита скважин с учетом анизотропии проницаемости карбонатных горных пород: пат. 2768341 RU / **Д. А. Мартюшев**, В. И. Галкин; заявитель и патентообладатель: ФГАОУ ВО ПНИПУ - № 2021114912; заявл. 25.05.2021, опубл. 23.03.2022.

Соискателем предложен подход, позволяющий учитывать анизотропию проницаемости при прогнозировании дебитов добывающих скважин, которые дренируют сложнопостроенные коллектора.

19. Data Stream Analytics (Модуль «Верификация») / Л. А. Захаров, Д. А. Мартюшев, И. Н. Пономарева, Р.А. Хайтин. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023614401, 01.03.2023. Заявка № 2023613554

Разработанная соискателем методика верификации результатов исследований скважин реализована в виде автоматизированного модуля программного продукта Data Stream Analytics.

20. Мониторинг гидравлического разрыва пласта на основе математической обработки геолого-промысловых данных: монография / А. В. Растегаев, В. И. Галкин, И. Н. Пономарева, Д. А. Мартюшев. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2020. – 95 с.

Соискателем описаны подходы к определению направления и параметров трещин ГРП, основанные на математической обработке геолого-промысловых данных.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

изложены научно обоснованные технические, технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны;

разработаны научно-методологические основы использования анизотропии фильтрационных свойств продуктивных пластов нефтяных месторождений, позволяющие повысить достоверность и надежность контроля за процессами выработки запасов углеводородного сырья;

разработаны и использованы многомерные статистические модели для обоснования условий эффективного применения методов исследования скважин и верификации их результатов, а также прогнозирования дебитов скважин с учетом анизотропии проницаемости продуктивных пластов;

разработан метод определения анизотропии проницаемости и ее использования в геолого-гидродинамических моделях, практическое применение которых позволяет повысить эффективность мониторинга за процессами выработки запасов нефтяных месторождений с учетом разнообразия их геолого-физических условий;

впервые обоснован метод верификации значений фильтрационных параметров пластовых систем, позволяющий осуществлять оценку их достоверности при реализации различных технологий проведения исследований в механизированных скважинах, что способствует более эффективному мониторингу разработки месторождений нефти.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

разработаны многомерные математические модели дебитов скважин,

учитывающие вертикальную и горизонтальную составляющие проницаемости пластов, обеспечивающие повышение достоверности прогноза показателей при проектировании и разработке месторождений углеводородов;

изложены методологические основы определения и верификации фильтрационных параметров продуктивных пластов, основанные на применении статистической обработки значительного количества промысловых данных, которые обобщают историю разработки месторождений нефти;

доказано, что применение многомерного математического моделирования позволяет решать задачи достоверного определения фильтрационных параметров пластовых систем при эксплуатации скважин.

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

разработаны и внедрены методики определения анизотропии проницаемости и верификации результатов исследований скважин, которые позволили повысить достоверность геолого-гидродинамического моделирования, а также эффективность планирования геолого-технических мероприятий (предложенные разработки используются для решения целевых задач в ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» и филиале ООО ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми);

обоснованы критерии применения кривой стабилизации давления и анализа добычи, использование которых позволяет определять гидродинамические характеристики пластовых систем без остановки скважин на исследование, что приводит к снижению недоборов нефти и повышению коэффициента эксплуатации скважин;

представлены и использованы рекомендации по учету анизотропии проницаемости, включающие комплексный критерий, многомерные статистические модели для прогноза дебитов и усовершенствованные геолого-гидродинамические модели, которые обеспечивают повышение достоверности проектирования и разработки месторождений нефти.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

выводы получены на основе комплексного использования материалов многочисленных гидродинамических, промыслово-технологических исследований, реализованных в процессе разработки нефтяных месторождений; известных методах математической статистики, успешно применяемых ранее для решения аналогичных

научных и производственных задач; использования откалиброванного специализированного лабораторного оборудования для изучения полноразмерных и стандартных образцов керна, которое обеспечивает высокую точность и воспроизводимость результатов; использования сертифицированных программных продуктов (STATISTICA, KAPPA Workstation), которые позволили исследовать и проанализировать значительный объем промысловых данных и исследований скважин.

Личный вклад соискателя состоит в постановке проблемы, обосновании цели и задач; выборе объекта, предмета и методов исследования; развитии теоретических и методологических основ использования анизотропии фильтрационных свойств продуктивных пластов при разработке залежей нефти; сборе, систематизации и обработке материалов гидродинамических и промыслово-технологических исследований скважин; участии в проведении промысловых исследований; оценке и интерпретации полученных результатов; разработке и использовании предложенных методик; подготовке публикаций по материалам диссертационного исследования.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 9 декабря 2021 г. № 4334-В: в ней изложены и научно обоснованы теоретические и методологические основы определения и использования анизотропии фильтрационных свойств продуктивных пластов, включая особенности их геологического строения, что повышает эффективность управления процессами выработки запасов и имеет важное экономическое значение для нефтедобывающей отрасли страны.

На заседании 12 декабря 2023 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.15 принял решение *присудить* **Мартюшеву Дмитрию Александровичу** ученую степень *доктора технических наук* (протокол заседания № 16).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 15, против присуждения ученой степени – 0.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.15,

д-р геол.-мин. наук, профессор

/ Галкин Владислав
Игнатьевич /

Ученый секретарь диссертационного совета

канд. техн. наук, доцент

/ Мелехин Александр
Александрович /

14 декабря 2023 г.

