

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 2025.1
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 30.04.2025 № 3

О присуждении Тананыхину Дмитрию Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Научное обоснование системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений» по специальности 2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений принята к защите 29 января 2025 г., протокол заседания № 2, диссертационным советом ГУ 2025.1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Санкт-Петербургского горного университета о создании диссертационного совета от 24 января 2025 г. № 62 адм.

Соискатель, Тананыхин Дмитрий Сергеевич, 11 января 1988 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений на тему «Обоснование технологии крепления слабосцементированных песчаников в призабойной зоне нефтяных и газовых скважин химическим способом» защитил в 2013 году в диссертационном совете, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

Соискатель, Тананыхин Дмитрий Сергеевич, работает деканом нефтегазового факультета в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

В 2019 г. Тананыхину Дмитрию Сергеевичу присвоено ученое звание доцента по специальности «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Диссертация выполнена на кафедре разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский

горный университет императрицы Екатерины II» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор **Рогачев Михаил Константинович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, ведущий научный руководитель.

Официальные оппоненты:

Антониади Дмитрий Георгиевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», высшая инженерная школа «Нефтегазовый и энергетический инжиниринг», директор;

Попов Сергей Николаевич, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем нефти и газа Российской академии наук», лаборатория нефтегазовой механики и физико-химии пласта, главный научный сотрудник;

Салимов Олег Вячеславович, доктор технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Тюменский нефтяной научный центр», отдел выполнения и внедрения работ по СНТ/ОПИ, менеджер отдела;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Альметьевский государственный технологический университет «Высшая школа нефти»**, г. Альметьевск, в своем положительном отзыве, подписанном Насыбуллиным Арсланом Валерьевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, председателем заседания, Егоровой Юлией Левонтьевной, старшим преподавателем той же кафедры, секретарем заседания, и утвержденном Василенко Юрием Валерьевичем, кандидатом технических наук, доцентом, первым проректором, указала, что ценность представленных автором результатов заключается в создании системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами, что вносит определенный вклад в теорию и практику разработки нефтяных месторождений.

Соискатель имеет 36 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 14 статей – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 10 статей – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Соискателем получен 1 патент на изобретение, 1 патент на полезную модель, 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также подана 1 заявка на регистрацию патента на изобретение.

Общий объем – 18,25 печатных листов, в том числе 11,87 печатных листа – соискателя.

Основные публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. **Тананыхин, Д.С.** Исследование характера разрушения призабойной зоны скважин Гатчинского ПХГ и обоснование химического способа крепления слабосцементированных песчаников / **Д.С. Тананыхин, А.В. Петухов, И.Е. Долгий, А.А. Петухов** // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3. – С. 162.

Соискателем представлены результаты лабораторных экспериментов по креплению слабосцементированных пород, проведенных на насыпных моделях. Исследованы особенности разрушения призабойной зоны скважин Гатчинского подземного хранилища газа. Экспериментально установлен характер и форма образования каналов фильтрации в газонасыщенном коллекторе. Предложен способ крепления призабойной зоны продуктивного пласта газовых скважин. Изучено изменение среднего диаметра частиц химического состава, предлагаемого для крепления песчаников.

2. **Тананыхин, Д.С.** Химические методы предупреждения пескопроявления и крепления слабосцементированных коллекторов при разработке нефтяных и газовых месторождений / **Д.С. Тананыхин, А.В. Петухов, О.Б. Сюзов** // Нефтегазовое дело. – 2012. – Т. 10. – № 1. – С. 16 - 21.

Соискателем представлен обзор способов и технологий крепления слабосцементированных пород. В результате лабораторных исследований - метод гидрофобизации коллектора, рекомендуется, как эффективное мероприятие предупреждения пескопроявления. Разработан химический способ крепления призабойной зоны добывающих скважин.

3. **Тананыхин, Д.С.** Разработка химического способа обработки призабойной зоны для ограничения выноса песка в нефтяных скважинах / **Д.С. Тананыхин, А.В. Петухов** // Инженер-нефтяник. – 2012. – № 4. – С. 31 – 34.

Соискателем приведены результаты исследований разработанного на базе Национального минерально-сырьевого университета «Горный» химического состава для крепления слабосцементированных пород. Проведена оценка влияния компонентного состава разработанной химической композиции

на фильтрационные свойства пластов и находящихся в них углеводородных флюидов.

4. **Тананыхин, Д.С.** Химический способ крепления слабосцементированных песчаников в эксплуатационных скважинах подземного газохранилища / **Д.С. Тананыхин, А.В. Петухов, А.М. Шагиахметов** // Записки Горного института. – 2013. – Т. 206. – С. 107 – 111.

Соискателем представлен анализ геолого-физической характеристики Гатчинского ПХГ, коллектор которого представляет собой несцементированный песчаник. Установлена зависимость изменения фильтрационно-емкостных и прочностных свойств призабойной зоны пласта от состава закачиваемой химической композиции.

5. Зиновьев, А.М. Исследование реологических свойств и особенностей фильтрации высоковязких нефтей месторождений Самарской области / **А.М. Зиновьев, В.А. Ольховская, В.В. Коновалов, Д.В. Мардашов, Д.С. Тананыхин, П.В. Роцин** // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: технические науки. – 2013. – № 2 (38). – С. 197 – 205.

Соискателем приведены и проанализированы результаты экспериментальных исследований реологических (структурно-механических) свойств высоковязких нефтей с повышенным содержанием асфальтенов и смол. Экспериментально оценено влияние асфальтенов и смол в высоковязкой нефти на процесс ее фильтрации в пустотной среде на примере месторождений Самарской области.

6. **Тананыхин, Д.С.** Анализ моделей прогнозирования пескопроявления при эксплуатации слабосцементированных коллекторов / **Д.С. Тананыхин, А.В. Максютин, Д.А. Султанова** // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 334.

Соискателем представлен обзор существующих моделей прогноза выноса механических примесей. Рассмотрены основные параметры, влияющие на процесс пескопроявления. Предложена модель прогноза пескопроявления, которая способна с высокой степенью достоверности спрогнозировать начало пескопроявления для конкретных условий месторождения.

7. **Тананыхин, Д.С.** Разработка энергоэффективной технологии увеличения коэффициента нефтеотдачи слабосцементированных коллекторов / **Д.С. Тананыхин, А.М. Шагиахметов** // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015. – Т. 7. – № 3 (28). – С. 126.

Соискателем представлена разработанная методика проведения лабораторных исследований и результаты лабораторных экспериментов по определению коэффициента вытеснения нефти из слабосцементированных терригенных коллекторов Западной Сибири пластовой и пресной водами, а

также газом (CO_2). Установлена зависимость прочности слабосцементированного коллектора от минерализации воды.

8. Шагиахметов, А.М. Исследование влияния температуры на период гелеобразования и прочность водоизолирующего состава на основе карбоксиметилцеллюлозы / А.М. Шагиахметов, Д.С. Тананыхин, Д.А. Мартюшев, А.В. Лекомцев // Нефтяное хозяйство. – 2016. – № 7. – С. 96-99.

Соискателем проанализированы различные типы гидроизоляционных средств. Гидроизоляционный состав на основе карбоксиметилцеллюлозы был разработан для ограничения притока воды в трещинно-пористый коллектор. По результатам лабораторных исследований выявлена зависимость кинетики гелеобразования и прочностных характеристик разработанного гелеобразующего состава от концентрации реагентов и температуры.

9. Тананыхин, Д.С. Анализ и рекомендации по применению способов крепления призабойной зоны для ограничения выноса песка в газовых скважинах Уренгойского месторождения / Д.С. Тананыхин, В.В. Камоза // Нефть. Газ. Новации. – 2017. – №. 10. – С. 74-77.

Соискателем обоснован метод гидрофобизации, в качестве способа борьбы с пескопроявлением в добывающих скважинах. В результате экспериментальных и аналитических исследований установлено, что данный метод может быть успешно применен для повышения прочности слабосцементированных пород призабойной зоны и установлена область его применения.

10. Тананыхин, Д.С. Прогноз повышения эффективности системы поддержания пластового давления на нефтяном месторождении Западной Сибири за счет модернизации системы разработки / Д.С. Тананыхин, Д.В. Сун // Территория Нефтегаз. – 2018. – № 11. – С. 70-75.

Соискателем выработаны рекомендации по оптимизации системы поддержания пластового давления на нефтяном месторождении Западной Сибири. Установлено влияние пластовой воды на интенсивность пескопроявления.

11. Лушпеев, В.А. Определение эффективности технологий ограничения газопитока при моделировании разработки нефтяных оторочек с помощью пакета tNavigator / В.А. Лушпеев, Н.А. Ровник, Д.С. Тананыхин, И.В. Шпуров // Территория Нефтегаз. – 2019. – № 1-2. – С. 80-88.

Соискателем представлен процесс моделирования газовой шапки залежи в виде трассера в пакете tNavigator. На модели месторождения с нефтяной оторочкой рассмотрено три варианта добычи нефти: разработка вертикальными добывающими скважинами, разработка горизонтальными добывающими скважинами и формирование изолирующего экрана на границе газонефтяного контакта. Проанализированы результаты применения

каждого варианта, предложены способы повышения их эффективности. Обосновано использование адаптивной системы регулирования притока и формирование изолирующего полимерного экрана с обширным водяным барьером для увеличения эксплуатационного ресурса скважин.

12. Порошин, М.А. Анализ лабораторных методов исследования процесса пескопроявления при разработке нефтяных месторождений / М.А. Порошин, **Д.С. Тананыхин**, М.Б. Григорьев // Вестник Евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 22.

Соискателем проанализирована совокупность экспериментальных методов исследования процесса пескопроявления. Представлены методики, основные преимущества и недостатки описанных экспериментов. Выработаны рекомендации для составления программы исследований по изучению процесса пескопроявления. Создан лабораторно-методический комплекс с насыпной моделью керна и с закачкой песчано-жидкостной смеси.

13. Королев, М.И. Повышение эффективности эксплуатации нефтяных скважин, осложненных пескопроявлением, за счет учета геомеханического состояния призабойной зоны пласта / М.И. Королев, И.А. Стецюк, **Д.С. Тананыхин**, М.Б. Григорьев // Инженер-нефтяник. – 2021. – № 1. – С. 41-47.

Соискателем проанализирован объект разработки, представляющий собой слабосцементированный песчаник, и установлены ключевые геомеханические факторы, влияющие на прочностные свойства и интенсивность выноса механических примесей. В результате представленных исследований установлены первопричины разрушения ПЗП и выработана аналитическая модель ограничения пескопроявления.

14. Ефимов, Н.Н. Влияние концентрации смолы в укрепляющем растворе "Полискреп" на эксплуатационные характеристики песконесущих скважин / Н.Н. Ефимов, В.И. Ноздря, А.И. Ермолаев, **Д.С. Тананыхин**, А.А. Кильмамаатов, М.М. Трипкович // Актуальные проблемы нефти и газа. – 2023. – № 2 (41). – С. 45-62.

Соискателем предложена методика определения параметров технологии ограничения пескопроявления в призабойной зоне пласта на основе укрепляющего состава «Полискреп». Методика базируется на фильтрационных и геомеханических экспериментах с насыпными моделями, консолидированными смолой различной концентрации. Приведены результаты расчетов технологических параметров обработки пескопроявляющих скважин в Республике Сербия.

Основные публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

15. **Tananykhin, D.S.** Diffusion of nonionic surfactants diffusion from aqueous solutions into viscous oil / **D.S. Tananykhin**, R.R. Khusainov // Petroleum Science and Technology. – 2016. – Vol. 34. – No. 24. – pp. 1984-1988.

Тананыхин, Д.С. Диффузия неионных поверхностно-активных веществ из водных растворов в вязкую нефть / **Д.С. Тананыхин**, Р.Р. Хусаинов // Нефтяная наука и технологии. – 2016. – Том. 34. – №. 24. – С. 1984-1988.

Соискателем представлена актуальность разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти, в том числе залежей аномально вязкой нефти, с использованием новых высокоэффективных технологий. В результате лабораторных исследований процессов диффузии неионных поверхностно-активных веществ при электрогидравлическом воздействии экспериментально оценена влекущая сила аномально вязкой нефти при ее фильтрации в пластовой системе.

16. Korolev, M.I. Regulation of filtration characteristics of highly watered terrigenous formations using complex chemical compositions based on surfactants / M.I. Korolev, M.K. Rogachev, **D.S. Tananykhin** // Journal of applied engineering science. – 2020. – Vol. 18. – No. 1. – pp. 147-156.

Королев, М.И. Регулирование фильтрационных характеристик сильно обводненных терригенных пластов с использованием сложных химических составов на основе поверхностно-активных веществ / М.И. Королев, М.К. Рогачев, **Д.С. Тананыхин** // Журнал прикладных инженерных наук. – 2020. – Том. 18. – №. 1. – С. 147-156.

Соискателем установлена зависимость коэффициента извлечения нефти с использованием разработанной эмульсии от степени неоднородности терригенного пласта. Выявлены особенности разработки терригенных коллекторов на завершающем этапе, а именно высокая литологическая неоднородность пластов, содержащих основные запасы нефти, и опережающее обводнение высокопроницаемых прослоев или одного слоя в многослойном объекте, что приводит к неравномерному освоению запасов на участке.

17. Grigorev, M.B. Sand management approach for a field with high viscosity oil / M.B. Grigorev, **D.S. Tananykhin**, M.A. Poroshin // Journal of applied engineering science. – 2020. – Vol. 18. – No. 1. – pp. 64-69.

Григорьев, М.Б. Подход к контролируемому пескопроявлению на месторождении с высоковязкой нефтью / М.Б. Григорьев, **Д.С. Тананыхин**, М.А. Порошин // Журнал прикладных инженерных наук. – 2020. – Том. 18. – №. 1. – С. 64-69.

Соискателем выявлены особенности разработки нефтяных месторождений со слабосцементированными коллекторами и разработан алгоритм для повышения эффективности работы с данным объектом разработки: 1) проведение детального анализа отобранного керна, лабораторные исследования, комплексное моделирование с использованием разработанных программ ЭВМ; 2) интегрирование в разрабатываемую модель геологических и геомеханических свойств пласта и физико-химических свойств нефти в качестве исходных данных; 3) комплексный анализ приквасинной зоны для прогнозирования локальных точек прорыва, возможности разрушения призабойной зоны пласта; 4) учет гранулометрического состава для использования в фильтрах и других методах борьбы с песком.

18. **Tananykhin, D.S.** Analysis of production logging and well testing data to improve the development system for reservoirs with complex geological structure / **D.S. Tananykhin**, A.N. Palyanitsina, A. Rahman // Procedia environmental science, engineering and management. – 2020. – Vol. 7. – No. 4. – pp. 629-648.

Тананыхин, Д.С. Анализ данных эксплуатационного каротажа и испытаний скважин для улучшения системы разработки коллекторов со сложным геологическим строением / **Д.С. Тананыхин**, А.Н. Паляница, А. Рахман // Наука об окружающей среде, инженерия и менеджмент. – 2020. – Том. 7. – №. 4. – С. 629-648.

Соискателем рассмотрен способ оптимизации разработки месторождения со сложным геологическим строением на основе комплексного анализа данных геофизических исследований (ГИС) и испытаний скважин. Разработан алгоритм совместного использования данных PLT и испытаний скважин для изучения объектов, осложненных наличием искусственных трещин. Обоснована стратегия совершенствования процесса разработки объекта, направленная как на уже освоенные зоны, так и на не дренируемые участки коллектора.

19. Ahmadi, M.H. Laboratory evaluation of hybrid chemical enhanced oil recovery methods coupled with carbon dioxide / M.H. Ahmadi, S.M. Alizadeh, **D.S. Tananykhin**, S.K. Hadi, P. Iliushin, A. Lekomtsev // Energy reports. – 2021– Vol. 7. – pp. 960-967.

Ахмади, М.Н. Лабораторные исследования комплексных химических методов повышения нефтеотдачи пластов в сочетании с диоксидом углерода / М.Н. Ахмади, С.М. Ализаде, **Д.С. Тананыхин**, С.К. Хади, П. Ильюшин, А. Лекомцев // Энергетические отчеты. – 2021– Том. 7. – С. 960-967.

Соискателем представлен анализ результатов экспериментальных исследований гибридного химического заводняющего процесса, который включает последующее заводнение поверхностно-активным веществом в сочетании со сверхкритическим диоксидом углерода. Пенообразователь,

который используется в этом эксперименте, образуется исключительно из CO_2 . При заводнении SP-пенной наблюдалась наибольшая засоренность, которая обусловлена максимальным суммарным коэффициентом извлечения нефти (около 78 %) из-за большей мобилизации нефти в низкопроницаемых порах и трещинах.

20. **Tananykhin, D.S.** An investigation into current sand control methodologies taking into account geomechanical, field and laboratory data analysis / **D.S. Tananykhin**, M.B. Grigorev, M.I. Korolev, I. Stecyuk // Resources. – 2021. – Vol. 10. – №. 12.

Тананыхин, Д.С. Исследование методологий и методов контроля пескопроявления с учетом геомеханического, производственного и лабораторного анализа данных / **Д.С. Тананыхин**, М.Б. Григорьев, М.И. Королев, И. Стецюк // Ресурсы. – 2021. – Том. 10. – №. 12.

Соискателем проанализированы промысловые данные о влиянии обводненности, забойного давления и расхода жидкости на количество добываемых механических примесей. Созданы и применены геомеханические модели напряженного состояния с использованием прототипов Мора-Кулона и Мого-Кулона. Для подтверждения высокой вероятности пескопроявления в проектируемых скважинах использован критерий Ллейда.

21. **Tananykhin, D.S.** Experimental evaluation of the multiphase flow effect on sand production process: Prepack sand retention testing results / **D.S. Tananykhin**, M.B. Grigorev, M.I. Korolev, T. Solovyev, N. Mikhailov, M. Nesterov // Energies. – 2020. – Vol. 15. – No. 13. – P. 4657.

Тананыхин, Д.С. Экспериментальная оценка влияния многофазного потока на процесс пескопроявления: Результаты лабораторных испытаний / **Д.С. Тананыхин**, М.Б. Григорьев, М.И. Королев, Т. Соловьев, Н. Михайлов, М. Нестеров // Энергия. – 2020. – Том. 15. – №. 13. – стр. 4657.

Соискателем оценена степень влияния на процесс пескопроявления доли воды и газа в добываемой жидкости и определено влияние перепада давления. Разработана методология исследования, основанная на серии экспериментов (более 300 экспериментов) по фильтрации на малогабаритных моделях объемных коллекторов.

22. **Tananykhin, D.S.** Investigation of the influences of asphaltene deposition on oilfield development using reservoir simulation / **D.S. Tananykhin**, I.A. Struchkov, A. Khormali, P.V. Roschin // Petroleum exploration and development. – 2022. – Vol. 49. – No. 5. – pp. 1138-1149.

Тананыхин, Д.С. Исследование влияния отложения асфальтенов на разработку нефтяных месторождений за счет моделирования коллектора / **Д.С. Тананыхин**, ИА. Стручков, А. Хормали, Р.В. Рощин // Разведка и разработка месторождений нефти. – 2022. – Том. 49. – №. 5. – С. 1138-1149.

Соискателем исследован процесс отложения асфальтенов в пористой среде одного из месторождений России и спрогнозированы профили добычи на основе оценки неопределенности. Проведено динамическое моделирование, в ходе которого оценены профили добычи в двух сценариях: с включением асфальтенового варианта и без него. Расчеты проведены для двух сценариев разработки: эксплуатация месторождения в условиях естественного истощения и закачка воды в водоносный горизонт в качестве системы поддержания пластового давления. Создана полномасштабная имитационная модель состава коллектора на российском нефтяном месторождении.

23. **Tananykhin, D.S.** Effect of wire design (profile) on sand retention parameters of wire-wrapped screens for conventional production: Prepack sand retention testing results / **D.S. Tananykhin**, M.B. Grigorev, M.I. Korolev, I. Stecyuk, L. Farrakhov // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – No. 5. – P. 2438.

Тананыхин, Д.С. Влияние конструкции (профиля) проволоки на параметры удержания песка в проволочных фильтрах в условиях традиционной добычи УВ: результаты испытаний на насыпной модели пласта / **Д.С. Тананыхин**, М.Б. Григорьев, М.И. Королев, И. Стецюк, Л. Фаррахов // *Энергия*. – 2023. – Том. 16. – №. 5. – С. 2438.

Соискателем представлен результат оценки критериев проектирования проволочных фильтров и установлено влияние конструкции проволоки на интенсивность пескопроявления. Экспериментально определено, что трапецевидный профиль проволоки обладает наилучшим результатом как с точки зрения выноса механических примесей (небольшое количество взвешенных частиц в фильтрате), так и с точки зрения распределения частиц по размерам в фильтрате.

24. **Tananykhin, D.S.** Scientific and Methodological Support of Sand Management During Operation of Horizontal Wells / **D.S. Tananykhin** // *International Journal of Engineering, Transactions A: Basics*. – 2024. – No. 37(07). – pp. 1395-1407.

Тананыхин, Д.С. Научно-методическое обеспечение систем управления выносом песка при эксплуатации скважин с горизонтальным окончанием / **Д.С. Тананыхин** // *Международный инженерный журнал. Транзакции А: Основы*. – 2024. – №. 37(07). – С. 1395-1407.

Соискателем представлен разработанный научно-обоснованный подход к выбору технологии борьбы с пескопроявлением, который направлен на повышение эффективности разработки слабосцементированных коллекторов. Автором предложены концепции совершенствования математического аппарата для повышения качества оценки способности пластовых флюидов транспортировать частицы с различным

гранулометрическим составом в пределах пласта, а также во внутренней части насосно-компрессорных труб.

Патенты и свидетельства программ для ЭВМ:

25. Патент № 2475622 С1 Российская Федерация, МПК Е21В 33/13, С09К 8/56. Способ крепления призабойной зоны продуктивного пласта газовых скважин: № 2011134125/03: заявл. 12.08.2011: опубл. 20.02.2013 / **Тананыхин Д.С.**, Петухов А.В., Сюзев О.Б., Никитин М.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный горный университет». – 8 с.: ил. 2.

Соискателем создан патент техническим результатом которого является повышение эффективности крепления путем создания устойчивого объемного осадка при максимальном сохранении емкостных и фильтрационных характеристик призабойной зоны продуктивного пласта, а также расширение ассортимента химических реагентов при осуществлении способа. Способ крепления призабойной зоны продуктивного пласта включает последовательную закачку в пласт через добывающую скважину водного раствора соли металла, а в качестве тампонирующего состава - водного раствора хлористого кальция с образованием в пластовых условиях нерастворимого в воде соединения - объемного осадка.

26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020611693 Российская Федерация. Программа для расчета критериев устойчивости и давлений разрыва при эксплуатации скважин, осложненных пескопроявлением: № 2020610601: заявл. 27.01.2020: опубл. 06.02.2020 / Григорьев М.Б., **Тананыхин Д.С.**, Подопригора Д.Г.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработана программа для ЭВМ, позволяющая определить допустимую депрессию при эксплуатации скважины, при определении параметров бурового раствора (в основном, плотности) для предупреждения преждевременного разрушения коллектора, при планировании вторичного вскрытия пласта (параметров перфорации). Программа позволяет вести учет одновременно трех критериев для достижения максимальной точности. Наибольшей достоверностью обладает критерий Могги.

27. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669046 Российская Федерация. Программа для расчета максимально-возможного размера частиц породы, выносимых потоком пластовой жидкости с границ призабойной зоны: № 2021668344: заявл. 19.11.2021: опубл. 23.11.2021/ **Тананыхин Д.С.**, Григорьев М.Б.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем разработана программа для ЭВМ, которая включает в себя пакет взаимосвязанных расчетов, в том числе: определение дебита горизонтальной скважины по 4 методам с определением средневзвешенного; определение водонасыщенности на фронте вытеснения; определение параметра капиллярной когезии, т.е. силы с которой матрица породы «удерживает» индивидуальные частицы (гранулы); и в конце концов – максимальный радиус дезагрегированных частиц породы, которые поток жидкости может физически «увлечь» за собой в процессе движения.

28. Патент на полезную модель № 220168 U1 Российская Федерация, МПК E21B 49/00, G01N 15/08. Кернодержатель: № 2023114363: заявл. 01.06.2023: опубл. 30.08.2023 / **Тананыхин Д.С.**, Григорьев М.Б.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 8 с.: ил. 4.

Соискателем создана полезная модель для оперативной оценки эффективности на предмет пескоудерживающей способности образцов забойных скважинных фильтров. Техническим результатом является повышение равномерности фильтрации рабочих агентов.

29. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685531 Российская Федерация. Программа оценки возможности разрушения призабойной зоны пласта-коллектора и инициализации пескопроявления: № 2023684253: заявл. 15.11.2023: опубл. 28.11.2023 / **Тананыхин Д.С.**, Григорьев М.Б.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 1 с.

Соискателем разработана программа для ЭВМ, предназначенная для оценки возможности разрушения призабойной зоны и подбора оптимальных параметров работы скважины. Программа позволяет оценить напряженно-деформированное состояние призабойной зоны пласта вертикальной скважины по критерию Мора-Кулона, критерию Дрюкера-Прагера, модифицированному критерию Лейда, критерию Моги-Кулона, и горизонтального участка скважины по модели Kaffash, критерию Мора-Кулона и критерию Моги-Кулона. Также расчеты дополняются графическим отображением распределения напряжений в сечении горизонтального участка скважины.

30. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024684784 Российская Федерация. Программа для прогнозирования количества взвешенных частиц в скважине на основании параметров технологического режима: № 2024684784: заявл. 07.10.2024: опубл. 21.10.2024 / **Тананыхин Д.С.**, Перепелкин А.И.; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 1 с.

Соискателем разработана программа для ЭВМ с использованием рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования пескопроявления в

горизонтальных скважинах. Разработанная модель позволяет определить зависимость между количеством и концентрацией взвешенных частиц и основными технологическими параметрами (дебит нефти, дебит жидкости, обводненность, перепад давления).

31. Заявка на патент на изобретение № 2024120455 Российская Федерация. Полимерный состав для создания искусственного химического фильтра в призабойной зоне неустойчивого коллектора: № 2024120455: заявл. 19.07.2024/ **Тананыхин Д.С.**, Астапенко К.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II». – 6 с.: ил. 2.

Соискателем разработан полимерный состав для крепления слабосцементированных пород призабойной зоны пескопроявляющих скважин. Способность предлагаемого полимерного состава увеличивать прочностные параметры обработанного участка призабойной зоны пласта исследовалась в процессе фильтрационных исследований на образцах кернового материала.

Апробация работы проведена на следующих основных научно-практических мероприятиях с докладами:

1. VI Международный молодежный научно-практический форум «Нефтяная столица» (март 2023 года, г. Нижневартовск);

2. Международная научно-практическая конференция «Гейдар Алиев и нефтяная стратегия Азербайджана: достижения нефтегазовой геологии и геотехнологий» (май 2023 года, г. Баку, Азербайджан);

3. Всероссийская научно-техническая конференция «Цифровые технологии в добыче углеводородов: цифровая независимость» (октябрь 2023 года, г. Уфа);

4. III Международная научно-практическая конференция «Прорывные технологии в разведке, разработке и добыче углеводородного сырья» (май 2024 года, г. Санкт-Петербург);

5. Международная конференция «Трудноизвлекаемые запасы нефти» (сентябрь 2024 года, г. Альметьевск).

В диссертации Тананыхина Дмитрия Сергеевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: руководителя направления Блока по инженерно-технологическому развитию проектов ООО «Газпромнефть - Технологические партнерства», д.т.н. **К.Ю. Прочухана**; директора по науке ПАО «Газпромнефть», д.т.н., профессора **М.М. Хасанова**; директора института нефти и газа ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (филиал в г. Октябрьском), заведующего кафедрой «Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений», д.г.-м.н,

профессора **В.Ш. Мухаметшина**; заместителя директора по научной работе ООО «Уфимский Научно-Технический Центр», к.х.н. **А.Г. Телина**; заведующего кафедрой Разработки и эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», д.т.н., профессора **А.И. Ермолаева**; заместителя генерального директора по газу АО «Мессояханефтегаз», д.т.н. **Л.А. Гайдукова**; эксперта центра инженерных решений по разработке Блока интегрированных решений ООО «Газпромнефть НТЦ», к.т.н. **Г.Ю. Щербакова**; профессора высшей нефтяной школы ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», д.г.-м.н., заслуженного геолога РФ **С.Г. Кузьменкова**; заместителя генерального директора по научной работе в области добычи нефти и газа ООО «Лукойл-Инжиниринг» **А.В. Митрошина** и начальника управления техники и технологии добычи нефти газа по Пермскому региону и Республике Коми ООО «Лукойл-Инжиниринг», к.т.н. **Д.В. Андреева**; заместителя председателя ученого совета института нефтегазовых технологий, заведующей кафедрой «Трубопроводный транспорт» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», д.т.н., профессора **Е.В. Стефанюк** и и.о. заведующего кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», к.т.н. **С.И. Губанова**; заместителя генерального директора по научной работе ООО «Полигор», д.т.н. **Д.В. Сидорова**; профессора кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», заместителя директора по научной работе Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», д.т.н., доцента **О.М. Мирсаетова** и главного специалиста отдела мониторинга разработки ЗАО «Ижевский нефтяной научный центр», к.т.н. **А.Р. Мавлиева**; консультанта АО «Иджат», профессора кафедры химической технологии переработки нефти и газа ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.т.н. **А.А. Газизова**; профессора кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики» ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», д.т.н. **И.Ф. Чупрова** и заведующего кафедрой «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений и подземной гидромеханики» ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», к.т.н. **В.В. Дуркина**.

В отзывах изложены положительные заключения о проведенных автором исследованиях, отмечена актуальность выбранной темы, научная новизна и практическая значимость работы, однако, имеются следующие замечания и вопросы:

1. В работе необходимо уделить больше внимания влиянию неоднородности коллекторов, поскольку неоднородные по проницаемости зоны могут существенно влиять на динамику пескопроявления (д.т.н. **К.Ю. Прочухан**).

2. В работе сделан переход от линейной регрессии сразу к градиентному бустингу без рассмотрения промежуточных моделей, таких как случайный лес, опорные векторы или нейросети. Было бы полезно провести сравнительный анализ нескольких методов и обосновать выбор градиентного бустинга. (д.т.н. **К.Ю. Прочухан**).

3. В работе отсутствует информация о предварительной обработке данных перед построением моделей. Не описаны возможные проблемы с исходными данными (шумы, выбросы, пробелы в данных) и методы их устранения. Следует дополнить анализ данными о проверке качества входных данных. (д.т.н. **М.М. Хасанов**).

4. Экономический раздел содержит общую оценку эффективности, конкретных расчётов для альтернативных сценариев недостаточно, более детальная оценка смогла бы повысить убедительность рекомендаций. (д.т.н. **М.М. Хасанов**).

5. Ссылка № 2 в списке основных работ по теме диссертации. В этой статье, написанной в соавторстве с д.т.н. Петуховым А.В. и Сюзевым О.Б., утверждается, что «обработка нефтяной скважины гидрофобизирующими реагентами позволяет снизить проницаемость по воде в нефтеносных интервалах пласта и увеличить критический градиент, при котором начинается вынос песка». Могу согласиться с увеличением критического градиента давления, а вот со снижением фазовой проницаемости по воде - нет. Хорошо известно, что гидрофобизация пласта-коллектора приводит к увеличению фазовой проницаемости по воде (Крейг Ф.Ф. Разработка нефтяных месторождений при заводнении. М.: Недра. - 1974. - 192 с.). Понятно, что материалы статьи под номером 2 в автореферате вошли еще в кандидатскую диссертацию Тананыхина Д.С., защищенную под руководством д.т.н. Петухова А.В. Но поскольку эта работа включена и в список докторской диссертационной работы, автору следовало бы переосмыслить свои ранние работы. Увеличение градиента давления до момента срыва подвижных частиц можно объяснить адсорбцией КПАВ на глинистых минералах цемента горной породы и их стабилизации. Снижение фазовой проницаемости по воде объясняется бимолекулярной адсорбцией, что, в конечном итоге, приводит к гидрофилизации и, соответственно, к уменьшению фазовой проницаемости по воде. Однако всего этого автор не сделал. Не сомневаюсь, что в период времени от начала аспирантуры и до окончания докторантуры диссертант досконально изучил основы физики пласта и впредь при цитировании своих ранних работ

будет критичнее относиться к собственным результатам эксперимента и его интерпретации. (к.х.н. **А.Г. Телин**).

6. Ссылка на литературу № 14, написанную в соавторстве с известным специалистом Ефимовым Н.Н. и др. В данной работе приводится оригинальный способ укрепления призабойной зоны песконесущего пласта с помощью эпоксидно-диановых олигомеров и продувки азотом до момента отверждения смолы. Эта технология, разрабатываемая Ефимовым Н.Н. для песконесущих месторождений Сербии, изучалась на установке в городе Нови Сад, и она опубликована в журнале «Актуальные проблемы нефти и газа. - 2022. - № 3 (38). - С. 28-38» без соавторства с Тананыхиным Д.С. за год до его публикации в соавторстве с Ефимовым Н.Н. В этом случае Тананыхину Д.С. следовало бы в автореферате четко представить свой вклад в данную разработку; хотя, справедливости ради надо отметить, что ни в научную новизну, ни в защищаемые положения это техническое решение диссертант не ввел. Тем не менее, нужна большая определенность роли вклада Тананыхина Д.С. при упоминании совместных работ в автореферате диссертации. (к.х.н. **А.Г. Телин**).

7. Ссылки № 19 и 22 в списке литературы автореферата. Указанные статьи Тананыхина Д.С., опубликованные в высокорейтинговых международных журналах, безусловно, подтверждают квалификационный уровень диссертанта, однако к теме диссертации они вовсе не относятся. (к.х.н. **А.Г. Телин**).

8. Из текста автореферата не ясно, рассматривал ли автор влияние группового состава нефти, в частности наличие гетероатомных соединений (смол, асфальтенов), на процесс пескопроявления, т.к. содержание данных компонентов в нефти может оказывать значительное влияние на рассматриваемые в диссертации процессы. (д.г.-м.н. **В.Ш. Мухаметшин**).

9. По зависимости, отраженной на рисунке 4 автореферата (Зависимость КВЧ от обводненности скважинной продукции для вертикальных скважин (а) и скважин с горизонтальным окончанием (б)), требуется пояснения для прогнозирования КВЧ в скважинах с горизонтальным окончанием. Непонятно, по какой зависимости считать количество взвешенных частиц в интервале обводненности от 70 до 80%, т.к. в этом интервале отсутствуют как зависимости КВЧ от обводненности, так и аппроксимирующие уравнения. (д.г.-м.н. **В.Ш. Мухаметшин**).

10. Из автореферата не ясно могут ли быть применимы полученные в диссертации результаты для прогнозирования динамики изменения КВЧ в скважинах, эксплуатирующихся при забойных давлениях ниже давления насыщения. (д.т.н. **А.И. Ермолаев**).

11. В автореферате, в предлагаемых математических зависимостях, не представлены сведения об учете такого важного эксплуатационного показателя, как газовый фактор (д.т.н. **А.И. Ермолаев**).

12. На рис.4 представлены зависимости нормированного КВЧ от обводненности скважин. Для горизонтальной скважины во всем диапазоне обводненности КВЧ снижается при росте доли воды. Данный результат не соответствует факту разработки нефтяных пластов ПК (Русское, Восточно-Мессояхское м-я), для которых характерен рост величины КВЧ после прорыва воды при ППД, обусловленный увеличением скорости потока, с последующим снижением по мере промывки каналов преимущественной фильтрации (д.т.н. **Л.А. Гайдуков**).

13. Предложенные математические модели (1), (6) предполагают независимое влияние каждого из факторов на КВЧ. Однако, в реальности из-за проявления геомеханических и других эффектов при разработке неконсолидированных пластов возникают нелинейные, а иногда немонотонные зависимости дебита скважины от депрессии и обводненности. В предложенном подходе это не учитывается, обоснование в автореферате не отражено. Так же следует отметить, что в формулах (1), (6) не учитывается тип скважинного фильтра, который оказывает принципиальное влияние на динамику КВЧ (д.т.н. **Л.А. Гайдуков**).

14. Из таблицы не понятно о какой именно проницаемости идет речь (фазовая по воде, нефти), а также не указана ее размерность (д.т.н. **Л.А. Гайдуков**).

15. Из автореферата не понятно, как обеспечивается селективность химического воздействия на интервалы вдоль горизонтального ствола скважины при креплении околоскважинной зоны. Так же не до конца понятно, как выявляются целевые песконесущие интервалы вдоль горизонтального ствола (д.т.н. **Л.А. Гайдуков**).

16. Из представленных в автореферате моделей не понятно, как учитывается осаждение (захват) частиц породы в поровом пространстве после их срыва потоком. Если этим эффектом пренебрегают, то необходимо дать пояснение причин (д.т.н. **Л.А. Гайдуков**).

17. При раскрытии второго защищаемого положения описан процесс образования песчано-сводовых структур и червоточин без учета кинетики (времени) и динамики механизма разрушения (например, изменения депрессии вследствие изменения режима работы скважин). Также представленные механизмы не описаны математически, с целью получения численных значений (например, скин-фактора) (к.т.н. **Г.Ю. Щербаков**).

18. Утверждается, что линейная регрессия не справляется с задачей нелинейных зависимостей, однако в тексте не представлено формального

анализа (например, тестов на линейность, визуализации распределений остатков). Стоит добавить более детальное обоснование отказа от линейных методов (**А.В. Митрошин** и к.т.н. **Д.В. Андреев**).

19. Приведен анализ чувствительности отдельных параметров, но не рассмотрены сценарии возможных изменений данных, таких как изменение трендов или появление новых режимов работы скважин. Следует дополнить исследование тестированием модели на различных сценариях эксплуатации (**А.В. Митрошин** и к.т.н. **Д.В. Андреев**).

20. Неясно, с чем связано отсутствие данных по исследованиям в таблице на стр. 21, а также то, насколько эти пробелы критичны при обобщении результатов фильтрационных экспериментов (**А.В. Митрошин** и к.т.н. **Д.В. Андреев**).

21. В автореферате упоминается, что лабораторные эксперименты проводились на насыпных моделях и песчано-жидкостных смесях. Однако не указано, насколько модели соответствуют реальным условиям слабосцементированных коллекторов. Например, неясно, как учитывались такие факторы, как неоднородность пород, наличие трещин или влияние температуры и давления (д.т.н. **Е.В. Стефанюк** и к.т.н. **С.И. Губанов**).

22. В математической модели отсутствуют сведения о том, какая информация использована для обучения и как обеспечивалась репрезентативность выборки (д.т.н. **Е.В. Стефанюк** и к.т.н. **С.И. Губанов**).

23. В тексте упоминаются рисунки и таблицы, но не всегда ясно, как они связаны с основным текстом. Например, в разделе «Результаты и выводы» упоминается «Рисунок 5 – Дерево принятия решений при пескопроявлении», но не объяснено, как именно это дерево решений помогает в выборе технологий (д.т.н. **Е.В. Стефанюк** и к.т.н. **С.И. Губанов**).

24. Какой временной отрезок генерации данных принят в определении «исторические данные» и какой временной ряд используется для определения $KВЧ_{ср}$ при расчете КВЧ по формулам 1 и 6 автореферата (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

25. На рисунке 4 автореферата величина КВЧ снижается с ростом обводненности скважины. Необходимо пояснить причины роста КВЧ при обводненности скважины более 75% при расчете по формулам 4 и 9 автореферата (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

26. Учитывалась ли в метаматематической модели для прогноза КВЧ взаимосвязь между КВЧ и прочностью горных пород (энергией необходимой для разрушения породы и образования частиц) (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

27. По какому принципу осуществлялся выбор шага обучения и критерий остановки при использовании метода градиентного бустинга для исследования закономерностей влияния факторов на интенсивность пескопроявления (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

28. Каким образом при физическом моделировании КВЧ учитывалась скорость развития суффозии (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

29. Необходимо пояснить, какой критерий разрушения Мора-Кулона или Могги-Кулона принят для задач, связанных с оценкой влияния пескопроявления (рисунок 9 автореферата) (д.т.н. **Д.В. Сидоров**).

30. Не совсем верным является выражение «запатентованный комплекс специализированных программ», так как на них получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ (стр. 8, п.4) (д.т.н. **О.М. Мирсаетов** и к.т.н. **А.Р. Мавлиев**).

31. Из автореферата не ясно, для каких месторождений с высоковязкими или маловязкими нефтями справедливы полученные в работе зависимости (рис. 3, рис. 4) (д.т.н. **О.М. Мирсаетов** и к.т.н. **А.Р. Мавлиев**).

32. Учитывая существенное влияние эмульсионной способности нефтей на процессы формирования эмульсий при пескопроявлении, необходимо, по нашему мнению, п. 12 заключения (стр. 32), относящемуся к перспективному направлению развития работы, дополнить исследованиями для нефтей с различной эмульсионной способностью (д.т.н. **О.М. Мирсаетов** и к.т.н. **А.Р. Мавлиев**).

33. Автор отметил, что пескопроявления могут оказывать и положительное влияние на эффективность добычи нефти [стр. 15 автореферата]. Безусловно, вынос частиц скелета коллектора способствует росту пористости и проницаемости в призабойной зоне, тем самым снижая фильтрационное сопротивление при дренировании флюида. Отсюда следует, что использование предлагаемых методов ограничения пескопроявлений повлияют на продуктивную характеристику скважины. Из автореферата не ясно, какими критериями применения обладают предлагаемые технологические решения в начале разработки слабосцементированных коллекторов нефти или газа. (д.т.н. **И.Ф. Чупров** и к.т.н. **В.В. Дуркин**).

34. Математическая модель для расчёта КВЧ [стр. 18 автореферата, формула (1)]. Из формулы (1) не ясно: а) по обозначению f - для всех факторных признаков эта одна и та же функция; б) почему данные функции перемножаются? в) не указан диапазон вязкости для формулы (5), входящей в формулу (1). (д.т.н. **И.Ф. Чупров** и к.т.н. **В.В. Дуркин**).

35. Автор отмечает, что разработан алгоритм создания химической композиции, позволяющей эффективно обрабатывать ПЗП и сохранять её исходные фильтрационно-ёмкостные свойства [стр. 23 автореферата], к которым относится полимерный состав для повышения прочности слабосцементированной породы на основе эпоксидной смолы, отвердителя и газообразователя (патент № 2837034). Следует пояснить сохранение фильтрационно-ёмкостных свойств горной породы при использовании

предлагаемого состава, так как в тексте работы [стр. 242 диссертационной работы] проницаемость по газу была крайне низкой (около 0,02-0,5 мД), а в тексте описания к изобретению снижение проницаемости в среднем 16,3 раза. Также, в тексте работы [стр. 243 диссертации] автором отмечено, что газообразование (реагирование порошка алюминия с едким натром) - выделение водорода, происходит за считанные секунды и не обеспечивает формирования каналов в смольной композиции при её полимеризации. В таком случае следует уточнить каким образом создаётся пористость искусственного фильтра в ПЗП и существует ли вероятность отсутствия сообщающихся пор для фильтрации флюида. Помимо этого, в тексте работы и автореферата обозначена значимость структурообразующих глинистых частиц в поддержании геомеханической прочности пласта. Однако образование химических связей на основе смольно-полимерной композиции происходит только в щелочной среде [рисунок 3.75, стр. 243 диссертационной работы], в которой глинистые структуры диспергируются, что приводит к их разрушению и повышению КВЧ. (д.т.н. **И.Ф. Чупров** и к.т.н. **В.В. Дуркин**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них публикаций по темам, связанным с изучением физико-химических, гидродинамических и геомеханических процессов, происходящих в системе «скважина - призабойная зона пласта» при разработке нефтяных месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена комплексная система прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, состоящая из гидродинамической модели течения жидкостно-песчаной смеси по стволу скважины, математической модели фильтрации этой жидкости в ПЗП и геомеханической модели напряженного состояния слабосцементированных пород-коллекторов ПЗП, которая позволяет осуществлять прогнозирование количества взвешенных частиц в скважинной продукции, а также обоснованно осуществлять выбор технологии ограничения пескопроявления;

уточнен механизм разрушения призабойной зоны нефтяного терригенного слабосцементированного пласта в виде образования червоточин; определена значимость структурообразующих частиц в поддержании геомеханической прочности пласта; установлены зависимости изменения количества взвешенных частиц в скважинной продукции от градиента давления, структуры потока флюида и гранулометрического состава пласта-коллектора.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

научно обосновано использование принципов прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, основанных на комплексном физическом и математическом моделировании, учитывающих установленную взаимосвязь между геологическими, геомеханическими свойствами призабойной зоны пласта и технологическими параметрами работы скважин, и с учетом установленных механизмов разрушения ПЗП.

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

разработан и апробирован современный лабораторно-методический комплекс для физического моделирования процесса пескопроявления, оснащенный специально разработанными экспериментальными стендами (патент на полезную модель РФ № 220168) для изучения механизма разрушения призабойной зоны пласта и разработки новых технологий ограничения пескопроявления. Разработанный комплекс апробирован совместно с ООО "Сэнд Контрол Лаб" в условиях ряда месторождений (справка о применении от 11.12.2024, утв. протоколом совещания Минэнерго России от 19.12.2024);

разработан и внедрен ряд специализированных программ по прогнозированию процесса пескопроявления и технологий борьбы с разрушением призабойной зоны пласта, в том числе программа для расчета максимально-возможного размера частиц породы, выносимых потоком пластовой жидкости с границ призабойной зоны при эксплуатации добывающих скважин (справка о внедрении от 19.06.2024, утв. протоколом совещания Минэнерго России от 19.12.2024);

разработаны и предложены:

комплексная система прогнозирования и ограничения пескопроявления при разработке нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, основанная на физическом и математическом моделировании гидродинамических и геомеханических процессов в системе «скважина – ПЗП». Данная система реализуется с помощью запатентованного комплекса специализированных программ (ЭВМ №№ 2020611693, 2021669046, 2023685531, 2024684784);

полимерный состав для создания искусственного фильтра в призабойной зоне неустойчивого коллектора (заявка на патент на изобретение РФ № 2024120455); способ крепления призабойной зоны продуктивного пласта газовых скважин (патент на изобретение РФ № 2475622);

созданы экспериментальные стенды для физического моделирования и программное обеспечение, используемые в учебном процессе в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II» при обучении студентов и проведении курсов повышения квалификации (справка об использовании от 30.08.2024, утв. протоколом совещания Минэнерго России от 19.12.2024).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ – достоверность результатов определяется современным уровнем аналитических и достаточным объемом экспериментальных лабораторных исследований с применением высокотехнологичного оборудования и специально разработанных экспериментальных стендов, позволяющих проводить исследования в условиях, максимально приближенных к промышленным, достаточной сходимостью расчетных и экспериментальных величин и воспроизводимостью результатов;

теория построена на известных закономерностях и фундаментальных законах гидравлики, подземной гидродинамики и геомеханики, согласуется с опубликованными ранее экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на результатах обобщения практического мирового опыта разработки нефтяных месторождений со слабосцементированными терригенными коллекторами, а также анализа многочисленных экспериментальных исследований, проведенных отечественными и зарубежными учеными;

использованы промышленные и экспериментальные данные, полученные ранее по рассматриваемой тематике для сравнения их с авторскими данными;

установлено, что результаты, полученные соискателем, не противоречат результатам исследований других авторов, отраженных в научно-технических трудах, опубликованных в открытой печати;

использован комплексный подход к анализу геолого-промысловых данных и результатов физических, численных и промысловых методов исследований.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке цели и формулировке задач диссертационного исследования; обобщении мирового опыта разработки нефтяных месторождений со слабосцементированным типом коллектора; анализе технологических показателей работы оборудования и геолого-промыслового материала при эксплуатации скважин, осложненных пескопроявлением; разработке системы прогнозирования и ограничения пескопроявления при эксплуатации залежей нефти; создании современного лабораторно-методического комплекса, оснащенного высокотехнологичным оборудованием и специально разработанными экспериментальными стендами;

проведении экспериментальных исследований, анализе и обобщении полученных результатов; апробировании основных положений работы на конференциях.

В ходе защиты диссертации критические замечания от членов диссертационного совета высказаны не были.

Соискатель Тананыхин Д.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и замечания, и привел собственную аргументацию по обоснованию положений диссертационной работы, а также отдельных аспектов проведенного исследования.

На заседании 30 апреля 2025 года диссертационный совет принял решение присудить **Тананыхину Дмитрию Сергеевичу** ученую степень доктора технических наук за научное обоснование и разработку системы прогнозирования пескопроявления и технологических решений по его ограничению при разработке нефтяных месторождений с терригенными слабосцементированными коллекторами, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие нефтедобывающей отрасли страны и ее экономику.

При проведении тайного голосования с использованием информационно-коммуникационных технологий, при участии в удаленном интерактивном режиме 3 членов диссертационного совета, диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 13 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 13 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – нет.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Двойников
Михаил Владимирович

Савенок
Ольга Вадимовна

30.04.2025 г.