

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ 2021.1
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 22.06.2021 г. № 3

О присуждении **Базырову Ильдару Шамилевичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Контроль и регулирование роста техногенных трещин при вытеснении нефти из низкопроницаемых коллекторов» по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений принята к защите 20.04.2021 г., протокол заседания № 2, диссертационным советом ГУ 2021.1 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, приказ ректора Горного университета от 15.04.2021 г. № 644 адм.

Соискатель, Базыров Ильдар Шамилевич, 1991 года рождения, с отличием окончил магистратуру в 2016 году по направлению 21.04.01 Нефтегазовое дело в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». С 2016 г. по 2020 г. являлся аспирантом очной формы обучения кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России. Диплом об окончании аспирантуры получен 02.07.2020 г.

Диссертация выполнена на кафедре разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Хасанов Марс Магнавиевич**, публичное акционерное общество «Газпромнефть», директор по науке.

Официальные оппоненты:

Осипцов Андрей Александрович, доктор физико-математических наук, автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий», лаборатория моделирования многофазных систем, доцент;

Лутфуллин Азат Абузарович, кандидат технических наук, доцент, публичное акционерное общество «Татнефть» имени В.Д. Шашина, департамент разработки месторождений, заместитель начальника департамента

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН)**, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Головиным Сергеем Валерьевичем, доктором физико-математических наук, профессором РАН, главным научным сотрудником и утвержденном Ерманюком Евгением Валерьевичем, доктором физико-математических наук, директором, указала, что диссертационная работа Базырова Ильдара Шамилевича «Контроль и регулирование роста техногенных трещин при вытеснении нефти из низкопроницаемых коллекторов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой представлено решение актуальной задачи – моделирование работы системы поддержания пластового давления (ППД) при учёте наличия техногенных трещин гидроразрыва на нагнетательных скважинах. Установленные результаты об условиях равновесия трещин автоГРП важны с теоретической точки зрения, поскольку дают новые подходы к моделированию трещин ГРП в условиях существенного влияния порового давления. Практическое применение

результатов состоит в оптимизации системы разработки в условиях возможного появления трещин автоГРП, в том числе, в определении пределов давления закачки, при котором автоГРП не образуются либо развиваются в устойчивом режиме, а также в увеличении коэффициента извлечения нефти на основе подбора оптимальных режимов закачки.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 3 статьях – 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), в 5 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus и Web of Science; получен 1 патент на изобретение.

Общий объем – 3,3 печатных листа, в том числе 2,6 печатных листа соискателя.

Публикация в изданиях из Перечня ВАК:

1) **Базыров, И.Ш.** Анализ эффективности заводнения низкопроницаемых коллекторов нагнетательными горизонтальными скважинами с поперечными трещинами многостадийного ГРП / **И.Ш. Базыров, Е.В. Шель, М.М. Хасанов** // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2020. – № 2. – С. 52-60. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, проведение расчетов, найдены характеристики равновесных индуцированных трещин гидроразрыва пласта, сформулированы критерии устойчивости равновесного состояния индуцированных трещин гидроразрыва пласта в фиксированной системе разработки, предложена аналитическая модель для определения оптимального давления закачки на нагнетательных горизонтальных скважинах для предотвращения ранних прорывов воды в нетрещиноватых коллекторах.*

2) Шель, Е.В. Моделирование инициации и распространения трещины гидроразрыва пласта в нагнетательной скважине в условиях нетрещиноватых терригенных пород на примере Приобского месторождения / Е.В. Шель, П.К. Кабанова, Д.Р. Ткаченко, **И.Ш. Базыров**, А.В. Логвинюк // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2020. – № 2. – С. 36-42. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, проведено трехмерное моделирование процесса заводнения нефтяных пластов в фиксированной системе разработки с индуцированными трещинами гидроразрыва пласта.*

3) **Базыров, И.Ш.** Моделирование инициации трещин в трещиноватом коллекторе в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах. **И.Ш. Базыров**, А.С. Гунькин, Ю.В. Овчаренко, С.В. Лукин, Д.В. Альчибаев, А.А. Шаповалова, И.П. Болгов // Нефтяное хозяйство. 2019. – № 12. – С. 56-60. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, проведение расчетов, предложена аналитическая модель для определения оптимального давления закачки на нагнетательных горизонтальных скважинах для предотвращения ранних прорывов воды в трещиноватых коллекторах.*

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Web of Science и SCOPUS:

4) **Bazyrov, I.S.** Time-Dependent Hydro-Geomechanical Reservoir Simulation of Field Production / **I.S. Bazyrov**, A.E. Glazyrina, S.V. Lukin, . D.V. Alchibaev, M.V. Salishchev, Yu.V. Ovcharenko, – DOI: 10.1016/j.prostr.2017.11.035 // Procedia Structural Integrity.–2017. – №6. – P.228-235. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, литературный обзор, проведение совокупного анализа промысловых и лабораторных данных в актуальном диапазоне физических величин, подготовка данных для расчёта, подготовка и обобщение материала.*

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования SCOPUS:

5) **Bazyrov, I.** Dynamic Control of the Efficiency of Waterflooding of Low-Permeability Reservoirs by Horizontal Injection Wells With Transverse Multi-Stage Hydraulic Fractures / **I. Bazyrov**, R. Galeev., A. Ipatov, I. Kayeshkov, S. Simakov, I. Fayzullin, E. Shel, A. Sheremeev, A. Shurunov, A. Yakovlev, M. Bikkulov, R. Gayaztdinov, R. Uchuev, A. Logvinyuk – DOI: 10.2118/196739-MS // SPE Russian Petroleum Technology Conference 2019, RPTC.–2019. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, проведение расчетов, разработан алгоритм управления режимами работы нагнетательных скважин с целью уменьшения обводнённости в низкопроницаемых трещиноватых залежах, алгоритм апробирован на пилотном участке одного из месторождений Западной Сибири, рассчитаны ограничения по забойному давлению и объемам закачки, использованные в дальнейшем при эксплуатации скважины для снижения риска развития трещин автоГРП.*

6) **Bazyrov, I.** Conditions of Secondary Fracture Reorientation for Cases of Vertical and Horizontal Wells / A. Martemyanov., E. Shel, V. Bratov, G. Paderin, I. Chebyshev, **I. Bazyrov** – DOI: 10.2118/196966-MS // SPE Russian Petroleum Technology Conference 2019, RPTC.–2019. *Личный вклад соискателя: проведение совокупного анализа промысловых и лабораторных данных в актуальном диапазоне физических величин.*

7) **Bazyrov, I.S.** Application of 3D and near-wellbore geomechanical models for well trajectories optimization / D. Alchibaev, A. Glazyrina, Yu. Ovcharenko, O. Kalinin, S. Lukin, A. Martemyanov, S. Zhigulskiy, I. Chebyshev, A. Sidelnik, **I. Bazyrov**– DOI: 10.2118/187830-MS// SPE Russian Petroleum Technology Conference 2017, RPTC.–2017. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, литературный обзор, проведение анализа расчётов для выбора оптимальной траектории для зарезки боковых стволов в многоствольных скважинах, подготовка и обобщение материала.*

8) **Bazyrov, I.S.** Case Study on waterflooding of low-permeability reservoirs by horizontal wells with water-injection induced fractures / **I.S. Bazyrov**, E.V. Shel, A.A. Gimazov, A.P. Roshchektaev, M.M. Khasanov //

American rock mechanics association - 54th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium.—2020. *Личный вклад соискателя: постановка задач исследований, литературный обзор, проведение математического моделирования процесса заводнения нефтяных пластов в фиксированной системе разработки с индуцированными трещинами гидроразрыва пласта.*

Публикации в прочих изданиях:

9) **Базыров, И.Ш.** Расчёт эволюции давления авто-ГРП с помощью трехмерного геомеханического моделирования : тезисы докладов Международной конференции «Молодежная конференция по математическому моделированию и информационным технологиям», г. Казань, 25-26 апреля 2019 г. / И.Ш. Базыров // TGT Oilfield Services, 2019. – С. 13-14. *Личный вклад соискателя: проведение теоретических исследований, подготовка и обобщение материала, подготовка презентации, выступление с докладом.*

10) Bazyrov, I.. Fracture closure pressure evolution prediction in water-injection wells using hydrogeomechanical modeling: тезисы докладов Международной конференции «Future Petroleum Engineers forum», г. Пекин, 18-19 мая 2019 г. / I. Bazyrov, I. Chebyshev // Китайский нефтяной университет, 2019. – С. 1-19. *Личный вклад соискателя: литературный обзор, проведение теоретических исследований, подготовка и обобщение материала, подготовка презентации, выступление с докладом*

Патенты и свидетельства программ для ЭВМ:

11) **Патент № 2728039 Российская Федерация, МПК E21B 44/00 (2020.02), E21B 47/02 (2020.02), G06F 30/20 (2020.02).** Способ (варианты) и система (варианты) определения траектории бурения скважины: заявлен 30.12.2019 : опубликован 28.07.2020/ С.В. Лукин, Ю.В. Овчаренко, С.В. Жигульский; **И.Ш. Базыров,** А.В. Ротару, Р.Р. Нигматуллин, Д.О. Морозов, В.А. Грибанов . – 40 с. : 3 ил. – Текст : непосредственный. *Личный вклад соискателя: разработка и описание нового способа определения траектории бурения скважины.*

Апробация диссертационной работы была проведена на научно-практических мероприятиях с докладами, в том числе: международной конференции XXVII International Conference «Mathematical and Computer Simulations in Mechanics of Solids and Structures». Fundamentals of Static and Dynamic Fracture (г. Санкт-Петербург, СПбГУ, 2017 г.), 7-ой научно-технической конференции молодых ученых ООО «Газпромнефть НТЦ» (г. Санкт-Петербург, ООО «Газпромнефть НТЦ», 2018 г.), международной конференции «Молодежная конференция по математическому моделированию и информационным технологиям» (г. Казань, TGT Oilfield Services, 2019 г.), международной конференции «Future Petroleum Engineers forum» 2019 г. (г. Пекин, Китайский нефтяной университет, 2019 г.), Международной конференции «Coupled thermo-hydro-mechanical problems of fracture mechanics» (г. Новосибирск, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, 2019 г.), совместном семинаре ООО «Газпромнефть НТЦ» (г. Санкт-Петербург) и ИГиЛ СО РАН (г. Новосибирск) «Математическое моделирование ГРП» под руководством д.ф.-м.н. С.В.Головина (г. Санкт-Петербург, ООО «Газпромнефть НТЦ», 2019 г.), Российской нефтегазовой технической конференции SPE 2019 г. (г. Москва, Society of Petroleum Engineers, 2019 г.).

В диссертации Базырова Ильдара Шамилевича отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: профессора кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», д.т.н. **С.Ф. Мулявина**; заведующего лабораторией, ведущего научного сотрудника лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта ФГБУН ИПНГ (ИПНГ РАН), д.т.н. **С.Н. Попова**; главного специалиста отдела манифольдов Инжинирингового управления ООО «Газпром 335», к.т.н. **Г.Н. Ледовского**; доцента кафедры геофизики и геоинформационных

технологий Институт геологии и нефтегазовых технологий ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», **И.И. Нугманова**; директора Департамента повышения производительности месторождений и КИН ПАО Нефтегазовая компания «Русснефть», к.т.н. **А.В. Тимонова**; консультанта АО «Иджат», профессора кафедры нефтяного факультета КНИТУ, г. Казань, д.т.н. **А.А. Газизова**.

В отзывах изложены положительные заключения о проведенных автором исследованиях, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако имеются замечания и вопросы:

1. Имеются расхождения между поставленными задачами и полученными результатами. Так в Задачах предусматривается «Сформулировать критерии устойчивости...», «Разработать методы контроля..», «Разработать модель для определения оптимального давления закачки...». В Научной новизне «Получены зависимости давления гидроразрыва пласта...», «Разработана физико-математическая модель активации естественных трещин...». А в Теоретической и практической значимости уже «Предложены расчётные алгоритмы...», «Разработана и запатентована технология подбора...». На стр. 15 дополнительно «предлагаются подходы в ходе разработки месторождения...» (д.т.н. **С.Ф. Мулявин**).

2. Стр. 5, 9, 18. Что такое «фиксированная система разработки»? Для какой системы заводнения рассмотрена задача? Какое расстояние между скважинами (д.т.н. **С.Ф. Мулявин**)?

3. На стр. 16 приведена формула для коэффициента пьезопроводности с ошибкой, в которой корень квадратный лишний (д.т.н. **С.Ф. Мулявин**).

4. В описании к рисунку 2 на стр. 10 автореферата указано, что на рисунке присутствуют «красная» и «синяя» линии, однако в связи с тем, что автореферат напечатан в черно-белом цвете, то не ясно – какая из линий на

рисунке каким из описываемых в тексте линий соответствует)
(д.т.н. **С.Н. Попов**).

5. Из автореферата не ясно в соотношении (5) критерия Кулона-Мора использовалось эффективное напряжение или обычное напряжение в породе (д.т.н. **С.Н. Попов**).

6. На стр.7 автореферата приведена ссылка на рисунок 7, однако в данном случае, по всей видимости, должна быть ссылка на рисунок 5 (д.т.н. **С.Н. Попов**).

7. Из текста автореферата не понятно, однородно ли давление в трещине. Необходимо пояснить оценку давления в трещине (к.т.н. **Г.Н. Ледовский**).

8. Из текста автореферата не ясно рассматривает ли автор температурные эффекты, ведь обычно закачивается вода с температурой ниже пластовой (к.т.н. **Г.Н. Ледовский**).

9. На стр. 13 автореферата неверная ссылка на рисунок. Вместо рисунка 5 указан рисунок 7 (к.т.н. **Г.Н. Ледовский**).

10. Из текста автореферата не ясно, проводились ли исследования для различных систем разработки, или система разработки была зафиксирована (**И.И. Нугманов**).

11. Из текста автореферата невозможно сделать вывод о применимости технологии к системам естественных трещин, когда эффект автоГРП может иметь конкурентное распространение на сопряженных трещинах (**И.И. Нугманов**).

12. В тексте автореферата на странице 13 есть дублирование текста с отсылкой на разные рисунки(рисунок 5 и 7). Тоже замечание относится к последнему абзацу на странице 15 (**И.И. Нугманов**).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по

соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы. **Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

предложена физико-математическая модель развития трещин автоГРП на нагнетательных скважинах в нетрещиноватых коллекторах на основе комплексирования численных фильтрационной и геомеханической моделей и уравнений роста трещины в длину и высоту;

предложена физико-математическая модель активации естественных трещин для условий трещиноватых пород на основе аналитической модели расчёта тензора напряжений, критерия Кулона-Мора и критерия прочности на предельное растягивающее напряжение;

предложена и запатентована технология подбора определения траектории бурения скважины на основе учёта напряженного состояния в прискважинной зоне и активности трещин;

установлены зависимости давления гидроразрыва пласта от полудлины трещины, показывающие наличие области устойчивого роста трещины автоГРП до критической полудлины трещины 100 метров для условий нагнетательной скважины и стационарного поля давлений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что полученные зависимости давления гидроразрыва пласта от полудлины трещины позволяют выделить диапазоны забойного давления на нагнетательной скважине для устойчивого роста трещины автоГРП до критической полудлины трещины 100 метров;

доказано, что разработанная совместная гидро-геомеханическая модель развития трещин автоГРП на нагнетательных скважинах в нетрещиноватых коллекторах, позволяющая выбрать оптимальное забойное давление нагнетательной скважины без риска прорыва индуцированных трещин гидроразрыва пласта в добывающие скважины.

доказано, что разработанная физико-математическая модель активации естественных трещин в призабойной зоне позволяет определить диапазон значений забойного давления нагнетательной скважины для предотвращения ранних прорывов воды в добывающие скважины для условий трещиноватых пород.

применительно к проблематике диссертации задачи решались на основе теоретических и промысловых исследований, а также анализа геологопромыслового материала с использованием гидрогеомеханического моделирования.

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

раскрыты расчётные алгоритмы, которые позволяют спроектировать оптимальные системы разработки низкопроницаемых пластов с увеличением продуктивности скважин за счёт использования эффекта автоГРП.

раскрыт алгоритм управления режимами работы нагнетательных скважин с целью снижения темпов обводнения и повышения КИН в низкопроницаемых залежах.

изучен алгоритм управления режимами работы нагнетательных скважин с целью уменьшения обводнённости в низкопроницаемых трещиноватых залежах.

разработана и запатентована технология подбора определения траектории бурения скважины на основе учёта напряженного состояния в прискважинной зоне и активности трещин

апробирована разработанная модель на пилотном участке одного из месторождений Западной Сибири. Были рассчитаны ограничения по забойному давлению и объемам закачки, использованные в дальнейшем при эксплуатации скважины для снижения риска развития трещин автоГРП

проведен обзор литературных источников, посвященных изучению процесса инициации и развития техногенных трещин гидроразрыва пласта в нагнетательных скважинах, обзору методов, позволяющих регистрировать и

контролировать процесс развития техногенных трещин в скважинах, обзору различных подходов для гидрогеомеханического моделирования процессов в нефтяных залежах;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных фундаментальных законах и согласуется с опубликованными ранее данными по теме диссертации, подтверждена теоретическими исследованиями, проведенными на современных программных комплексах для создания и расчета моделей нефтегазовых месторождений;

идея базируется на результатах анализа и обобщения передового отечественного и зарубежного опыта по разработке низкопроницаемых коллекторов при их искусственном заводнении;

использованы 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;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации при решении поставленных в диссертационной работе задач.

Личный вклад соискателя состоит в анализе опубликованных ранее научно-технических материалов по теме диссертации; сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, практическая значимость, защищаемые положения и выводы, проведении расчетов, поиске характеристик равновесных индуцированных трещин гидроразрыва пласта, формулировке критериев устойчивости равновесного состояния индуцированных трещин гидроразрыва пласта в фиксированной системе разработки, разработке физико-математических моделей для определения оптимального давления закачки на нагнетательных горизонтальных скважинах для предотвращения ранних прорывов воды в трещиноватых и нетрещиноватых коллекторах.

На заседании 22 июня 2021 года диссертационный совет принял решение присудить **Базырову И.Ш.** ученую степень кандидата технических наук по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, за решение важной научно-практической задачи повышение эффективности разработки низкопроницаемых коллекторов при их искусственном заводнении в условиях наличия техногенных трещин.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 9 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 9, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Ученый секретарь
диссертационного совета

Рогачев

Михаил Константинович

Тананыхин

Дмитрий Сергеевич

22 июня 2021 г.