

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ «ГАЗПРОМНЕФТЬ-ХАНТОСА»

**Р.Н. Асмандияров¹, С.Ю. Баркалов², Р.Р. Галеев^{2,*}, Р.Р. Гумеров², Ю.А. Катков²,
А.А. Карпов², А.М. Кунакова², С.А. Михайлов², А.Ю. Шеремеев², Д.В. Андрузов³,
М.М. Биккулов³, О.А. Овчинник³, А.Э. Нигматуллина⁴, С.С. Семенихин⁴,
А.В. Рогожа⁴**

¹ПАО «Газпром нефть», РФ, Санкт-Петербург

²Научно-Технический Центр «Газпром нефти» (ООО «Газпромнефть НТЦ»), РФ, Санкт-Петербург

³ООО «Газпромнефть-Хантос», РФ, Ханты-Мансийск

⁴Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, РФ, Санкт-Петербург

Электронный адрес: Galeev.RaR@gazpromneft-ntc.ru

Цель. В рамках масштабной трансформации бизнеса компания «Газпром нефть» реализует новые подходы к повышению экономической эффективности. Одним из таких подходов является запуск программы проектов «Реновация», цель которой — достижение максимальной рентабельности базового фонда скважин. В статье описаны результаты проработки и формирования комплекса мероприятий для повышения экономической эффективности добычи нефти на месторождениях «Газпромнефть-Хантоса».

Материалы и методы. Ключевой особенностью программы «Реновация» является то, что целеполагание и формирование ключевых показателей эффективности проектных команд производятся не от ранее достигнутого результата, а от потенциала. Для этого сначала проводится детальный технико-экономический анализ факторов, влияющих на рентабельность добычи нефти, и определяется потенциал увеличения рентабельности. После чего прорабатываются гипотезы по увеличению экономической эффективности добычи и формируется комплекс мероприятий для реализации выявленного потенциала. Кросс-функциональные команды проектов «Реновации» сформированы вокруг так называемого core-team — неделимого ядра, включающего в себя специалистов по геологии, разработке, добыче, инжинирингу, энергоменеджменту, экономике и ИТ. Это позволяет командам решать нестандартные задачи в сжатые сроки, комплексно, без привлечения внешнего плеча, что является безусловным конкурентным преимуществом.

Результаты. Программа оптимизационных мероприятий, разработанная кросс-функциональной командой проекта «Реновация», обеспечит потенциал для роста рентабельности «Газпромнефть-Хантоса» в период с 2021 по 2030 г.

Заключение. В статье представлены прорабатываемые и реализованные кейсы по снижению операционных затрат в различных областях — геология и разработка, энергоэффективность, технологии добычи нефти, внутрискважинные работы (ВСР) и ГРП, нефтепромысловая химия.

Ключевые слова: реновация, добыча нефти, экономическая эффективность, рентабельность

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Асмандияров Р.Н., Баркалов С.Ю., Галеев Р.Р., Гумеров Р.Р., Катков Ю.А., Карпов А.А., Кунакова А.М., Михайлов С.А., Шеремеев А.Ю., Андрузов Д.В., Биккулов М.М., Овчинник О.А., Нигматуллина А.Э., Семенихин С.С., Рогожа А.В. Повышение экономической эффективности добычи нефти на месторождениях «Газпромнефть-Хантоса». ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. 2021;6(3):136–143.
<https://doi.org/10.51890/2587-7399-2021-6-3-136-143>

Статья поступила в редакцию 17.03.2021

Принята к публикации 28.06.2021

Опубликована 29.09.2021

IMPROVING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF OIL PRODUCTION
AT THE "GAZPROMNEFT-KHANTOS" FIELDS

**Rustam N. Asmadiyarov¹, Stanislav Yu. Barkalov², Rail R. Galeev^{2,*}, Rustam R. Gumerov²,
Yuri A. Katkov², Alexey A. Karpov², Anisa M. Kunakova², Sergey A. Mihajlov²,
Alexander Yu. Sheremeev², Denis V. Andruzov³, Marsel M. Bikkulov³, Oleg A. Ovchinnik³,
Anzhela E. Nigmatullina⁴, Sergey S. Semnikhin⁴, Alexander V. Rogozha⁴**

¹PJSC Gazprom нефть, RF, Saint Petersburg

²Gazpromneft STC LLC, RF, Saint Petersburg

³Gazpromneft-Khantos LLC, RF, Khanty-Mansiysk

⁴Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), RF, Saint Petersburg

E-mail: Galeev.RaR@gazpromneft-ntc.ru

Aim. As part of a large-scale business transformation, Gazprom Neft is implementing new approaches to improving economic efficiency. One of such approaches is the launch of the "Renovation" project program, the purpose of which is to achieve maximum profitability of the basic well stock. The article describes the results of the study and formation of a set of measures to improve the economic efficiency of oil production at the fields of Gazpromneft-Khantos.

Materials and methods. The key feature of "Renovation" is that the goal setting and the formation of key performance indicators of project teams are made not from the previously achieved result, but from the potential. To do this, a detailed technical and economic analysis of the factors affecting the profitability of oil production is first carried out, and the potential for increasing profitability is determined. After that, hypotheses are worked out to increase the economic efficiency of production and a set of measures is formed to realize the identified potential.

The cross-functional teams of the "Renovation" program projects are formed around the core-team that includes specialists in geology, development, production, engineering, energy management, economics and IT. This allows teams to solve non-standard tasks in a short time, in a complex way, without attracting external leverage, which is an absolute competitive advantage.

Results. The program of optimization measures developed by the cross-functional team of the Renovation project will provide the potential for the growth of the profitability of Gazpromneft-Khantos in the period from 2021 to 2030.

Conclusions. The article presents the developed and implemented cases on reducing operating costs in various areas — geology and reservoir engineering, energy efficiency, oil production technologies, downhole operations and hydraulic fracturing, oilfield chemistry.

Keywords: renovation, oil production, economic efficiency, profitability

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Asmandiyarov R.N., Barkalov S.Yu., Galeev R.R., Gumerov R.R., Katkov Yu.A., Karpov A.A., Kunakova A.M., Mihajlov S.A., Sheremeev A.Yu., Andruzov D.V., Bikkulov M.M., Ovchinnik O.A., Nigmatullina A.E., Semenikhin S.S., Rogozha A.V. Improving the economic efficiency of oil production at the "Gazpromneft-Khantos" fields. PRONEFT. Professionally about oil. 2021;6(3):136–143. <https://doi.org/10.51890/2587-7399-2021-6-3-136-143>

Manuscript received 17.03.2021

Accepted 28.06.2021

Published 29.09.2021

ВВЕДЕНИЕ

В компании «Газпром нефть» с 2019 года работают по гибким методологиям кросс-функциональные команды программы проектов «Реновация», деятельность которых направлена на повышение рентабельности добычи нефти в ключевых добывающих обществах. В статье описаны основные результаты, полученные проектной командой в «Газпромнефть-Хантосе».

В данном дочернем обществе основными факторами, оказывающими влияние на рентабельность добычи на зрелых месторождениях, являются высокая обводненность продукции, увеличение доли трудноизвлекаемой нефти, инфраструктурные ограничения. Кроме того, каждое месторождение по-своему уникально и требует детального анализа. Поэтому на начальном этапе командой проведен подробный анализ затрат дочернего общества и выбраны основные направления для дальнейшей проработки — геология и разработка, энергоэффективность, технологии добычи нефти, ВСР, ГРП, инжиниринг и наземная инфраструктура.

Ниже представлены результаты проработки указанных направлений и сформированные гипотезы и мероприятия по повышению рентабельности добычи нефти.

ГЕОЛОГИЯ И РАЗРАБОТКА

Командой проекта «Реновация» для повышения технико-экономической эффективности разработки месторождений «Газпромнефть-Хантоса» были подготовлены и реализованы несколько видов мероприятий, направленных на оптимизацию закачки, отборов и сокращение операционных затрат.

Одним из таких мероприятий стала организация циклического заводнения на активах дочернего общества в 2020 году, реализованная совместно с геологической службой предприятия.

Ключевое отличие данного мероприятия от классической схемы перераспределения фильтрационных потоков за счет нестационарного заводнения в том, что оно направлено на снижение затрат по поддержанию пластового давления путем краткосрочных остановок закачки воды в условиях низкопроницаемых коллекторов и в зонах с высокой выработкой запасов. Это позволяет получить эффект от снижения обводненности без потерь в достижении коэффициента извлечения нефти (КИН).

Аналитические и модельные расчеты показали, что оптимальной продолжительностью остановки нагнетательных скважин

без ущерба для системы разработки является срок от 1 до 6 месяцев в зависимости от фильтрационно-емкостных свойств пласта. Начиная с 2020 года порядка 20 кустовых площадок переведено под циклическую закачку на месторождениях «Газпромнефть-Хантоса».

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Одним из способов улучшения экономических показателей разработки месторождения является повышение энергоэффективности добычи нефти. В рамках кросс-функционального проекта «Реновация» разработаны и реализованы мероприятия по увеличению собственной генерации электроэнергии и оптимизации энергопотребления.

РАБОТА КРОСС-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОМАНДЫ ДОКАЗАЛА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕШЕНИЯ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕНТАБЕЛЬНОСТИ ДОБЫЧИ, В СЖАТЫЕ СРОКИ И БЕЗ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ВНЕШНИХ СПЕЦИАЛИСТОВ.

Примером неординарного решения стало использование тепловой энергии газопоршневой электростанции с помощью рекуператора для отопления хозяйственно-бытовых объектов.

ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ НЕФТИ

В условиях снижения пластовой энергии механизированная добыча с использованием глубинного насосного оборудования (ГНО) является основным способом добычи нефти. Кросс-функциональная команда проекта «Реновация» совместно с профильными специалистами «Газпромнефть-Хантоса» ведет постоянный поиск новых решений, способствующих повышению эффективности эксплуатации ГНО и минимизации затрат lifting cost (LC) на подъем жидкости.

Так, в тесном сотрудничестве с заводами-изготовителями была произведена модернизация установки электроцентробежного насоса (УЭЦН) 5 А габарита в 5У с погружным электрическим двигателем (ПЭД) диаметром 0,095 м, что позволило внедрять оборудование этого типа в скважины с диаметром эксплуатационной колонны 0,127 м.

Внедрены и успешно зарекомендовали себя УЭЦН 2 А габарита на грузонесущем кабе-

ле, позволяющие добывать углеводороды в скважинах с диаметром эксплуатационной колонны 0,102 и 0,114 м практически из интервала пласта.

Проведены успешные опытно-промышленные испытания малодебитных энергоэффективных УЭЦН, позволяющих эксплуатировать скважины с малым дебитом в постоянном режиме с низкими показателями энергопотребления.

Совместно со «Сколково» ведется работа по созданию плунжерного бесштангового насоса с гидромеханическим приводом, который в перспективе позволит эксплуатировать малодебитные скважины в постоянном энергоэффективном режиме.

ВНУТРИСКВАЖИННЫЕ РАБОТЫ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА

Экспертная оценка эффективности различных видов ремонта скважин, проведенная командой проекта «Реновация», показала, что основной потенциал снижения затрат заключается в сокращении продолжительности длительных аварийно-восстановительных работ при КРС и в оптимизации стоимости ГРП.

По результатам оценки сформированы подходы и мероприятия, направленные на оптимизацию и сокращение продолжительности ремонтных работ и снижение затрат.

- Разработка и внедрение методологии по выполнению аварийно-восстановительных работ при КРС. Методология должна содержать описание выстроенного единого алгоритма принятия решений с выбором ловильного инструмента и рекомендуемым временем выполнения технологических операций.
- Внедрение оптимизационных мероприятий для отдельных видов работ при КРС. Одним из предложенных мероприятий является сокращение времени на опрессовку подземного и устьевого оборудования перед запуском УЭЦН за счет исключения операции по опрессовке подземного оборудования после окончательного спуска и проведения данных работ по окончании монтажа фонтанной арматуры.
- Внедрение оптимизационных мероприятий при проведении гидравлического разрыва пласта:
 - Выборочный отказ от тестовых закачек «мини-ГРП» на скважинах из бурения и на базовом фонде, где геологическая изученность разреза достаточно высокая.

Доля таких скважин в годовой программе ГРП составляет порядка 25 %.

– Закачка более дешевого кварцевого песка для ГРП вместо стандартного керамического проппанта. Первоначально предлагается замена 20 % от общего объема проппанта на кварцевый песок. По результатам оценки потенциала реализуемого мероприятия будет рассмотрено увеличение доли песка, вплоть до полной замены им проппанта.

– Снижение загрузки геланта с 3,6 до 3,2 кг/м³ при проведении гидравлического разрыва пласта на скважинах. Основным эффектом от мероприятия является минимизация кольтации призабойной зоны пласта за счет закачки песконесущей полимерной жидкости меньшей вязкости, что в итоге увеличивает продуктивность скважины.

НЕФТЕПРОМЫСЛОВАЯ ХИМИЯ

Частой ситуацией, возникающей при ТКРС, является поглощение промывочных жидкостей пластами с пониженным пластовым давлением, которое не только увеличивает расход промывочной жидкости, но и может привести к обводнению, изменению природы порового пространства и в конечном счете — к снижению продуктивности скважины.

В «Газпромнефть-Хантосе» в ответ на данные вызовы широко применяются физико-химические методы контроля фильтрации [1] — блокирующие составы повышенной вязкости [2], позволяющие выборочно изолировать определенный пласт на время промывки.

Данные составы характеризуются достаточно высокой стоимостью и сложностью приготовления, поэтому командой проекта «Реновация» разработан, протестирован в лаборатории и готовится к ОПИ альтернативный вариант — кольтатирующий состав для временной изоляции пластов при ТКРС в виде линейного (несшитого) геля на основе полисахаридов (ксантановой смолы). Преимущества систем на основе полисахаридов заключаются в их низкой стоимости, биоразлагаемости и простоте приготовления. Растворы на основе ксантана, в свою очередь, обладают такими преимуществами, как высокая вязкость при низких концентрациях, стабильность в условиях высокой концентрации солей и высоких температур [3].

Использование разработанного состава позволит снизить поглощение промывочной жидкости продуктивным пластом во вре-

мя проведения ремонтных работ, сохранить коллекторские свойства пласта, улучшить контроль за скважиной и сократить затраты на проведение ТКРС за счет замены дорогостоящих изолирующих составов на линейные ксантановые гели.

Кроме того, проектной командой разработан, протестирован в лаборатории и готовится к ОПИ полимерный блокирующий состав с регулируемой плотностью для глушения скважин в виде сшитого геля на основе ксантановой смолы.

По предварительным оценкам, разработанный блокирующий состав в зависимости от рецептуры будет от 1,5 до 4 раз дешевле состава, используемого в настоящее время. Другим перспективным направлением по оптимизации затрат и повышению эффективности добычи нефти в области нефтепромышленной химии является снижение стоимости тяжелых технологических жидкостей глушения скважин (ТЖГС) для объектов с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД). В качестве солей для приготовления растворов ТЖГС в интервале плотностей 1180–1600 кг/м³ в основном используются хлорид, нитрат и бромид кальция, бромиды натрия и калия, формиаты калия, калия и цезия, хлорид цинка, а также их композиции. Стоимость такого вида жидкостей глушения значительна и приводит к удорожанию работ по ремонту скважин.

Командой проекта прорабатывается технико-экономическая эффективность создания и использования установки по регенерации технологических жидкостей, которая обеспечит очистку и восстановление технологических параметров «возвратных» растворов ТЖГС, извлеченных из скважины после ремонта, до требований, обеспечивающих возможность их повторного использования в последующих операциях глушения.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ

Помимо мероприятий, описанных выше, в фокусе проектной команды также находятся перспективные гипотезы с совокупным потенциалом снижения OPEX до 5 % в год: реинжиниринг наземной инфраструктуры; использование «цифровых двойников» месторождений и экспертных систем с искусственным интеллектом для оптимизации существующей системы разработки; создание собственных специализированных IT-решений для формирования оптимизированной программы ГТМ дочернего общества и учета различных ограничений по количеству или совокупной стоимости ГТМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В современных реалиях с постоянно изменяющимися экономическими условиями нефтегазовым компаниям очень важно сохранять гибкость и конкурентоспособность. Для достижения устойчивого экономического положения необходимо постоянно повышать эффективность хозяйственной деятельности и уделять внимание анали-

зу трендов и изменений мировой конъюнктуры.

В статье на примере дочернего общества «Газпромнефть-Хантос» показан один из механизмов повышения эффективности, применяемый в блоке разведки и добычи компании «Газпром нефть» — запуск программы проектов «Реновация», направленной на выявление и реализацию потенциала увеличения рентабельности.

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ИТ — information technology, информационные технологии
LC — lifting cost, эксплуатационные затраты на подъем жидкости
ОРЕХ — operating expenditure, операционные расходы
АВПД — аномально высокое пластовое давление
ВСР — внутрискважинные работы
ГНО — глубинное насосное оборудование
ГРП — гидравлический разрыв пласта

ГТМ — геолого-техническое мероприятие
КИН — коэффициент извлечения нефти
КРС — капитальный ремонт скважин
ОПИ — опытно-промышленные испытания
ПЭД — погружной электрический двигатель
ТЖГС — тяжелые технологические жидкости глушения скважин
ТКРС — текущий и капитальный ремонт скважин
УЭЦН — установка электрического центробежного насоса

Список литературы

1. Кудinov В. И. Основы нефтегазового дела. — М.—Ижевск: Институт компьютерных исследований, Удмуртский госуниверситет, 2000. — 702 с.
2. Аюпов А. Г. Полимерные и углеводородные составы для повышения нефтеотдачи высокообводненных пластов // Нефтяное хозяйство. — 2003. — № 6. — С. 48–51.
3. Горбин С.И., Плотников Е.В., Мукашев А.Б. Химические модификации биополимера ксантана и изучение их реологических свойств // Химия и химическая технология в XXI веке. Материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулѣва: в 2 т. — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — т. 1. — С. 279–280.

References

1. Kudinov V. I. *Osnovy neftegazovogo dela [Fundamentals of oil and gas business]*. Moscow—Izhevsk, Institute of Computer Research, Udmurt State University, 2000, 702 p.
2. Ayupov A. G. Polymer and hydrocarbon compositions for enhanced oil recovery in highly watered reservoirs. *Neftyanoe hozjajstvo [Oil industry]*. 2003, no. 6, pp. 48–51.
3. Gorbin S.I., Plotnikov E.V., Mukashev A.B. Chemical modifications of xanthan biopolymer and study of their rheological properties. *Himiya i himicheskaya tekhnologiya v XXI veke. Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov i molodyh uchenyh, posvyashchennoj 115-letiyu so dnya rozhdeniya professora L.P. Kulyova: v 2 t. [Materials of the XVI International Scientific and Practical Conference of Students and Young Scientists dedicated to the 115th anniversary of the birth of Professor L. P. Kulev: in 2 vols.]*. Tomsk, TPU Publishing House, 2015, vol. 1, pp. 279–280.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Р.Н. Асмандияров — провел экспертизу, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

С.Ю. Баркалов — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Р.Р. Галеев — разработал концепцию статьи, подготовил текст статьи для публикации, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Rustam N. Asmandiyarov — conducted an expert review, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Stanislav Yu. Barkalov — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Rail R. Galeev — developed the concept of the article, prepared the text of the article for publication, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Р.Р. Гумеров — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Ю.А. Катков — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.А. Карпов — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.М. Кунакова — подготовила часть текста статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и готова принять на себя ответственность за все аспекты работы.

С.А. Михайлов — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.Ю. Шеремеев — провел экспертизу, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Д.В. Андрузов — подготовил текст двух разделов статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

М.М. Биккулов — провел экспертизу, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

О.А. Овчинник — провел экспертизу раздела статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.Э. Нигматуллина — провела расчеты экономической эффективности мероприятий, описанных в статье, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и готова принять на себя ответственность за все аспекты работы.

С.С. Семенихин — провел расчеты экономической эффективности мероприятий, описанных в статье, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и готова принять на себя ответственность за все аспекты работы.

А.В. Рогожа — подготовил часть текста статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и готов принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Rustam R. Gumerov — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Yuri A. Katkov — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Alexey A. Karpov — prepared part of the text of article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Anisa M. Kunakova — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Sergey A. Mikhailov — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Alexander Yu. Sheremeev — conducted an expert review, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Denis V. Andruzov — prepared the text 2 sections of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Marsel M. Bikkulov — conducted an expert review, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Oleg A. Ovchinnik — conducted an expert review of one section of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

Angela E. Nigmatullina — calculated the cost-effectiveness of the measures described in the article, finally approved the published version of the article and am ready to take responsibility for all aspects of the work.

Sergey S. Semenikhin — calculated the cost-effectiveness of the measures described in the article, finally approved the published version of the article and am ready to take responsibility for all aspects of the work.

Alexander V. Rogozha — prepared part of the text of the article, finally approved the published version of the article and is ready to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Рустам Наилевич Асмандияров — директор программ по геологии и разработке, ПАО «Газпром нефть»
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Почтамтская, д. 3–5.
e-mail: Asmandiyarov.RN@gazprom-neft.ru

Станислав Юрьевич Баркалов — руководитель направления, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Barkalov.SYU@gazpromneft-ntc.ru

Раиль Рамилевич Галеев* — руководитель направления, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Galeev.RaR@gazpromneft-ntc.ru

Рустам Расулович Гумеров — кандидат технических наук, руководитель направления, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Gumerov.RR@gazpromneft-ntc.ru

Юрий Александрович Катков — руководитель по разработке продукта, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Katkov.YuA@gazpromneft-ntc.ru

Алексей Александрович Карпов — кандидат технических наук, руководитель направления, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Karpov.AA@gazpromneft-ntc.ru

Аниса Мухаметгалимовна Кунакова — кандидат химических наук, руководитель программ по борьбе с осложнениями при добыче нефти и газа, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Kunakova.AM@gazpromneft-ntc.ru

Сергей Анатольевич Михайлов — руководитель направления, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Mikhaylov.SeA@gazpromneft-ntc.ru

Александр Юрьевич Шеремеев — руководитель программ развития продуктов, ООО «Газпромнефть НТЦ»
190000, Россия, Санкт-Петербург, Набережная реки Мойки, д. 75–79, литер Д.
e-mail: Sheremeev.Alyu@gazpromneft-ntc.ru

Денис Васильевич Андрузов — руководитель программ по геологии и разработке, ООО «Газпромнефть-Хантос»
628011, Россия, Ханты-Мансийск, ул. Ленина, д. 56.
e-mail: Andruzov.DV@hantos.gazprom-neft.ru

Марсель Минуллович Биккулов — руководитель проектного офиса, ООО «Газпромнефть-Хантос»
628011, Россия, Ханты-Мансийск, ул. Ленина, д. 56.
e-mail: Bikkulov.MM@hantos.gazprom-neft.ru

Rustam N. Asmandiyarov — Director of geology and development programs, PJSC Gazprom Neft, 3–5, Pochtamtskaya str., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Asmandiyarov.RN@gazprom-neft.ru

Stanislav Yu. Barkalov — Project manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Barkalov.SYU@gazpromneft-ntc.ru

Rail R. Galeev* — Project manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Galeev.RaR@gazpromneft-ntc.ru

Rustam R. Gumerov — Cand. of Sci. (Techn.), Project manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Gumerov.RR@gazpromneft-ntc.ru

Yuri A. Katkov — Product development manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Katkov.YuA@gazpromneft-ntc.ru

Alexey A. Karpov — Cand. of Sci. (Techn.), Project manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Karpov.AA@gazpromneft-ntc.ru

Anisa M. Kunakova — Cand. of Sci. (Chem.), Head of programs for combating complications in oil and gas production, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Kunakova.AM@gazpromneft-ntc.ru

Sergey A. Mikhailov — Project manager, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Mikhaylov.SeA@gazpromneft-ntc.ru

Alexander Yu. Sheremeev — Head of product development programs, Gazpromneft STC LLC
75–79, letter D, Moika River embankment, 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Sheremeev.Alyu@gazpromneft-ntc.ru

Denis V. Andruzov — Head of geology and development programs, Gazpromneft-Khantos LLC
56, Lenin str., 628011, Khanty-Mansiysk, Russia.
e-mail: Andruzov.DV@hantos.gazprom-neft.ru

Marsel M. Bikkulov — Project office manager, Gazpromneft-Khantos LLC
56, Lenin Str., 628011, Khanty-Mansiysk, Russia.
e-mail: Bikkulov.MM@hantos.gazprom-neft.ru

Олег Александрович Овчинник — руководитель направления по нефтепромысловой химии, ООО «Газпромнефть-Хантос»
628011, Россия, Ханты-Мансийск, ул. Ленина, д. 56.
e-mail: Ovchinnik.OA@hantos.gazprom-neft.ru

Анжела Эльверовна Нигматуллина — эксперт лаборатории, НОЦ «Газпромнефть-Политех»
190000, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29 АФ, Научно-исследовательский корпус, А 2.24.
e-mail: Nigmatullina.AE@gazpromneft-ntc.ru

Сергей Сергеевич Семенихин — главный специалист лаборатории, НОЦ «Газпромнефть-Политех»
190000, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29 АФ, Научно-исследовательский корпус, А 2.24.
e-mail: Semenikhin.SS@gazpromneft-ntc.ru

Александр Витальевич Рогожа — эксперт лаборатории, НОЦ «Газпромнефть-Политех»
190000, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д. 29 АФ, Научно-исследовательский корпус, А 2.24.
e-mail: Rogozha.AV@gazpromneft-ntc.ru

Oleg A. Ovchinnik — Project manager of the Oilfield Chemistry Department, Gazpromneft-Khantos LLC.
56, Lenin Str., 628011, Khanty-Mansiysk, Russia.
e-mail: Ovchinnik.OA@hantos.gazprom-neft.ru

Angela E. Nigmatullina — Laboratory expert, SEC "Gazpromneft-Polytech"
A 2.24, Research Building, 29 AF, Politechnicheskaya str., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Nigmatullina.AE@gazpromneft-ntc.ru

Sergey S. Semenikhin — Chief specialist of the laboratory, SEC "Gazpromneft-Polytech"
A 2.24, Research Building, 29 AF, Politechnicheskaya str., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Semenikhin.SS@gazpromneft-ntc.ru

Alexander V. Rogozha — Laboratory expert, SEC "Gazpromneft-Polytech"
A 2.24, Research Building, 29 AF, Politechnicheskaya str., 190000, Saint Petersburg, Russia.
e-mail: Rogozha.AV@gazpromneft-ntc.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author