

Нефтегазовое дело. 2026. Т. 24, № 2. С. 155-169. ISSN 2073-0128 (print)

Petroleum Engineering. 2026. Vol. 24. No. 2. P. 155-169. ISSN 2073-0128 (print)

Научная статья

УДК 622.24

DOI: 10.17122/ngdelo-2026-2-155-169

## ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕКТИВНОГО ВСКРЫТИЯ ПЛАСТА РАЗВЕТВЛЁННЫМИ КАНАЛАМИ ИЗ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОТКРЫТОГО СТВОЛА

Александр Васильевич Лягов<sup>1</sup>, Илья Александрович Лягов<sup>2</sup>,  
Виталий Александрович Макаренко<sup>2</sup>, Салават Алмазович Мифтахов<sup>3</sup>,  
Константин Владимирович Ниткевич<sup>2</sup>, Сергей Васильевич Корнилин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация

<sup>2</sup>ООО «Перфобур», Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>PGI Technologies Ltd., Abu Dhabi, Объединенные Арабские Эмираты

### Автор, ответственный за переписку

Илья Александрович Лягов, Ilyagov@Perfobore.com

**Аннотация.** Бурение горизонтальных скважин является перспективным общемировым методом разработки месторождений, в том числе и на месторождениях Объединенных Арабских Эмиратов (ОАЭ), позволяющий значительно увеличить нефтеотдачу продуктивных коллекторов. Однако, при первичном вскрытии, зачастую происходит гидромеханическое, химическое и бактериальное загрязнение пластов, а также со временем, при эксплуатации скважин, происходит снижение их продуктивности из-за различных геолого-технических факторов, возможных изменений термобарических условий и др. Неоднородность карбонатных коллекторов, естественная трещиноватость, большая латеральная изменчивость проницаемости пластов и близость водонефтяного контакта к продуктивным интервалам являются осложняющими факторами при интенсификации добычи или увеличения приемистости горизонтальных скважин. В таких условиях классические методы интенсификации добычи нефтяных скважин или увеличения приемистости скважин поддержания пластового давления (ППД) технически сложно реализуемы или малоэффективны. Стандартные конструкции горизонтальных скважин с открытыми стволами изначально не предусматривают возможности проведения повторных многостадийных гидроразрывов пласта (МГРП) или селективных соляно-кислотных обработок (СКО), что усложняет эффективную разработку месторождений и требует внедрения новых методов повышения нефтеотдачи, таких как разветвленное вскрытие пласта (РВП) по щадящей технологии компании «Перфобур».

РВП, это новый вид геолого-технического мероприятия (ГТМ), которое строит систему протяженных (до 25 метров) тангенциально направленных каналов с различными прогнозируемыми траекториями, что позволяет селективно бурить каналы как по латерали, так и по вертикали интенсифицируя приток жидкости или увеличивая приемистость, а также приобщая ранее не вовлеченные пропластки. Технология обеспечивает многократный вход в уже построенные каналы, что позволяет дополнительно проводить глубоко проникающие кислотные обработки через пробуренные каналы с помощью специальной гидромониторной насадки. РВП проводилось на карбонатных коллекторах месторождений Shah и Bab расположенных

### Ключевые слова

разветвленное вскрытие пласта (РВП); техническая система (ТС); открытый горизонтальный ствол; интенсификация добычи нефти; соляно-кислотная обработка (СКО); вертлюжок; геолого-технические мероприятия (ГТМ)

в ОАЭ. Данные месторождения, в основном, разрабатываются с помощью горизонтальных скважин с открытыми стволами. В работе описано проведение РВП на трех горизонтальных скважинах с бурением от двух до четырех разветвленных каналов с контролем траекторий. По результатам РВП на добычных скважинах получен прирост по нефти в среднем до 349 баррелей в сутки, а на скважине ППД - увеличена приемистость в 4,5 раза. Апробация метода интенсификации с помощью РВП в открытых горизонтальных стволах показало высокую эффективность и перспективность для внедрения технологии как на месторождениях Shah и Bab в ОАЭ, так и в других нефтегазовых провинциях.

#### Для цитирования

Лягов А.В., Лягов И.А., Макаренко В.А., Мифтахов С.А., Ниткевич К.В., Корнилин С.В. Особенности селективного вскрытия пласта разветвлёнными каналами из горизонтального открытого ствола // Нефтегазовое дело. 2026. Т. 24, № 2. С. 155-169. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2026-2-155-169>.

Original article

## FEATURES OF SELECTIVE PENETRATION OF A FORMATION BY BRANCHED CHANNELS FROM A HORIZONTAL OPEN HOLE

Alexander V. Lyagov<sup>1</sup>, Ilya A. Lyagov<sup>2</sup>, Vitaly A. Makarenko<sup>2</sup>, Salavat A. Miftakhov<sup>3</sup>, Konstantin V. Nitkevich<sup>2</sup>, Sergey V. Kornilin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

<sup>2</sup>Perfobur LLC, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup>PGI Technologies Ltd., Abu Dhabi, United Arab Emirates

#### Corresponding author

Alexander V. Lyagov, [ilyagov@Perfobore.com](mailto:ilyagov@Perfobore.com)

**Abstract.** Horizontal well drilling is a promising global method for field development, including in the United Arab Emirates (UAE), significantly enhancing oil recovery from productive reservoirs. However, initial wellbore opening often leads to hydro-mechanical, chemical, and bacterial formation damage. Furthermore, during operation, well productivity declines over time due to various geological and technical factors, potential changes in thermobaric conditions, and other issues. The heterogeneity of carbonate reservoirs, natural fracturing, significant lateral permeability variability, and the proximity of the oil-water contact to productive intervals complicate production enhancement or injectivity increase in horizontal wells. Under these conditions, classical methods for oil well stimulation or injectivity improvement for water injection wells are technically challenging to implement or prove ineffective. Standard open-hole horizontal well designs inherently lack the capability for repeated multi-stage hydraulic fracturing or selective acid treatments, hindering efficient field development and necessitating the adoption of enhanced oil recovery (EOR) methods such as polite mechanical radial drilling by Perfobur technology.

Perfobur is a new type well completion, Perfobur system creates a system of extended (up to 25 meters) tangentially oriented channels with various predictable trajectories. This enables selective drilling of channels both laterally and vertically to stimulate fluid inflow, increase injectivity, and involve previously unconnected layers. The technology allows for multiple re-entries into constructed channels, facilitating additional deep-penetrating acid treatments through the drilled channels using a specialized hydro-monitor nozzle. Perfobur was performed on carbonate reservoirs of the Shah and Bab fields located in the UAE. These fields are primarily developed using open-hole horizontal wells. This paper describes the implementation of Perfobur well intervention

#### Keywords

branched drilling completion; technical system (TS); open-hole horizontal section; oil well stimulation; acid treatment; swivel; well intervention

on three horizontal wells, drilling from two to four branched channels with trajectory control. As a result of drilling radial channels, production wells achieved an average incremental oil increase to 349 barrels per day, while the injectivity of a water injection well increased by 4.5 times. The pilot application of the BOF stimulation method in open-hole horizontal sections demonstrated high efficiency and promising potential for technology implementation not only in the Shah and Bab fields in the UAE but also in other oil and gas provinces.

#### For citation

Lyagov A.V., Lyagov I.A., Makarenko V.A., Miftahov S.A., Nitkevich K.V., Kornilin S.V. Osobennosti selektivnogo vskrytiya plasta razvetvlyonnymi kanalami iz gorizonta'nogo otkrytogo stvola // [Features of selective penetration of a formation by branched channels from a horizontal open hole] // *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2026, Vol. 24, No. 2. pp. 155-169. [in Russian]. <https://doi.org/10.17122/ngdelo-2026-2-155-169>.

#### Введение

Предлагаемая многофункциональная технология РВП проводилась на карбонатных коллекторах месторождений Shah и Bab расположенных в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ). Данные месторождения, в основном, разрабатываются с помощью горизонтальных скважин с открытыми стволами. По двум скважинам РВП проводилось на пласт Simsima R1. На третьей скважине РВП проводилось на карбонатный пласт Habshan-9 Мелового периода. Пласты в среднем характеризуются сложными геологическими особенностями включая чередование твердых и мягких пород. Диагенетическое воздействием на пласт привело к переменной проницаемости (от 1 до 250 мД) и пористости (от 8,6 до 26,9 %). Пласты представлены известняками и доломитами. Диагенетические процессы, особенно доломитизация и трещинообразование, улучшили качество резервуаров. Особенно эти процессы проявляются в зонах,

где преобладают доломиты с лучшей продуктивность пласта. Вместе с тем существуют участки, где литологические барьеры препятствуют вертикальной и горизонтальной проницаемости и связи между пропластками. Физико-химические характеристики пластов представлены в таблице 1.

Технически сложно проводить интенсификации добычи в условиях открытых горизонтальных участков длиной более 700 м и с наличием геологических рисков, в том числе пониженным пластовым давлением. В таких условиях проведение стандартных ГРП может оказаться низкоэффективным т.к. при «слепом» ГРП не будет обработан целевой интервал, а большие утечки жидкости разрыва из-за большого интервала горизонтальной части и пониженного пластового давления может привести к преждевременному «стопу» с дальнейшими значительными техническими осложнениями. Проведение СКО на ГНКТ также не гарантирует стимуляцию именно

**Таблица 1.** Физико-химические характеристики пластов

**Table 1.** Physicochemical characteristics of the formations

	Simsima-R1	Habshan-9
Глубина залегания TVDss, фут	3800	9550
Средняя пористость, %	12-26	16
Проницаемость, мД	1-250	1-250
Тпл, °С	77	133
Начальное Рпл, МПа	13,4	33,3
Текущее Рпл, МПа	7,5	27,9
Рнас, МПа	2,2	25,4
GOR, scf / bbl	50	2150
Плотность нефти в поверхностных условиях, г/см <sup>3</sup>	0,88	0,82
Вязкость нефти, сПз	2,64	0,7
Вязкость воды, сПз	0,7	0,32

целевых интервалов, из-за высоких утечек жидкости в более проницаемые зоны. Поэтому компанией ООО «Перфобур» была предложена технология проведения РВП в качестве нового альтернативного метода селективной интенсификации добычи, но в открытом горизонтальном стволе.

**Материалы и методы**

Использование технологии разветвленного вскрытия пласта по заранее запланированной траектории позволило создать систему тангенциально направленных каналов длиной 13...25 м каждый с 4 различными траекториями в пределах как одного уровня глубины, так и в различных по глубине интервалах (рисунок 1).

К настоящему времени технология успешно применяется в скважинах нефтегазодобывающих предприятий Российской Федерации, Казахстана, Узбекистана, Египта и Ирана [2].

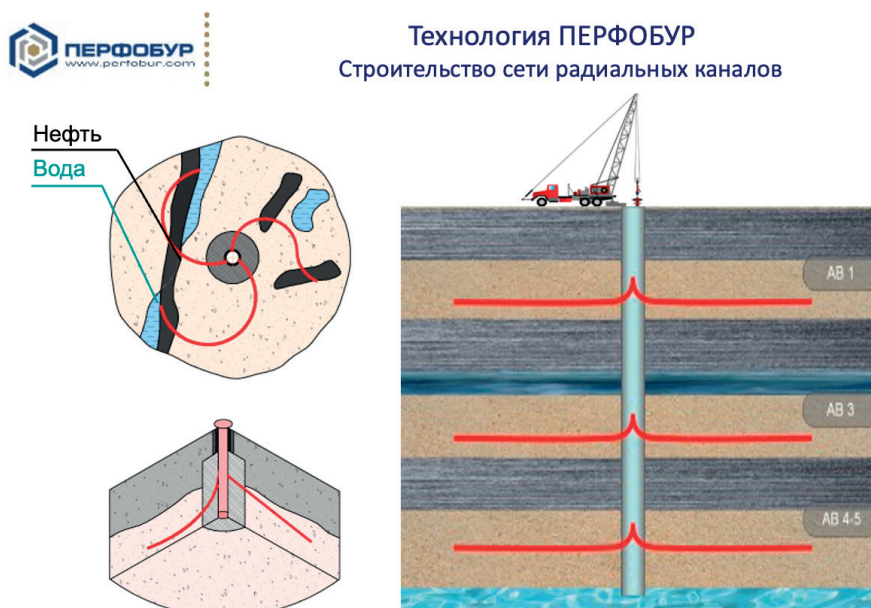
В основном работы проводились в обсаженных стволах в эксплуатационных колоннах диаметров от 140 до 178 мм, различных групп прочности [3–7]. Диаметр каналов 69...70 мм, радиусы кривизны 5...7, 17 м. Схематичное изображение ТС «Перфобур» представлено на рисунке 2.

Выполненная ранее большая научно аналитическая и экспериментально-стендовая проработка созданной техники и технологии

позволила разработанной технической системе для разветвленного вскрытия пласта осуществлять возможность бурения каналов по заранее намеченной, прогнозируемой траектории, причём с её контролем [1, 8–18]. Данная конкурентноспособная особенность системы дает возможность бурения каналов в заданных азимутальных направлениях, например, перпендикулярно региональному стрессу или в случае горизонтальных скважинах предоставляется возможность бурения каналов по латерали или по вертикали для проходки через перемычки и приобщения всех целевых поропластов, которые не вскрыл горизонтальный ствол материнской скважины. На рисунке 3 изображены радиальные каналы в горизонтальной скважине.

ТС «Перфобур» объединяет преимущества современных технических решений:

- существенно увеличивает радиус дренирования добывающих скважин, оптимизируя режим эксплуатации месторождения без бурения уплотняющих скважин;
- применима в карбонатных и терригенных коллекторах;
- преодолевает загрязненную призабойную зону;
- работает в пластах небольшой мощности (от двух метров);
- может применяться в пластах с близким расположением водоносных горизонтов;



**Рисунок 1.** Система разветвлённых каналов в многопластовых коллекторах

**Figure 1.** System of branched channels in multi-layer reservoirs

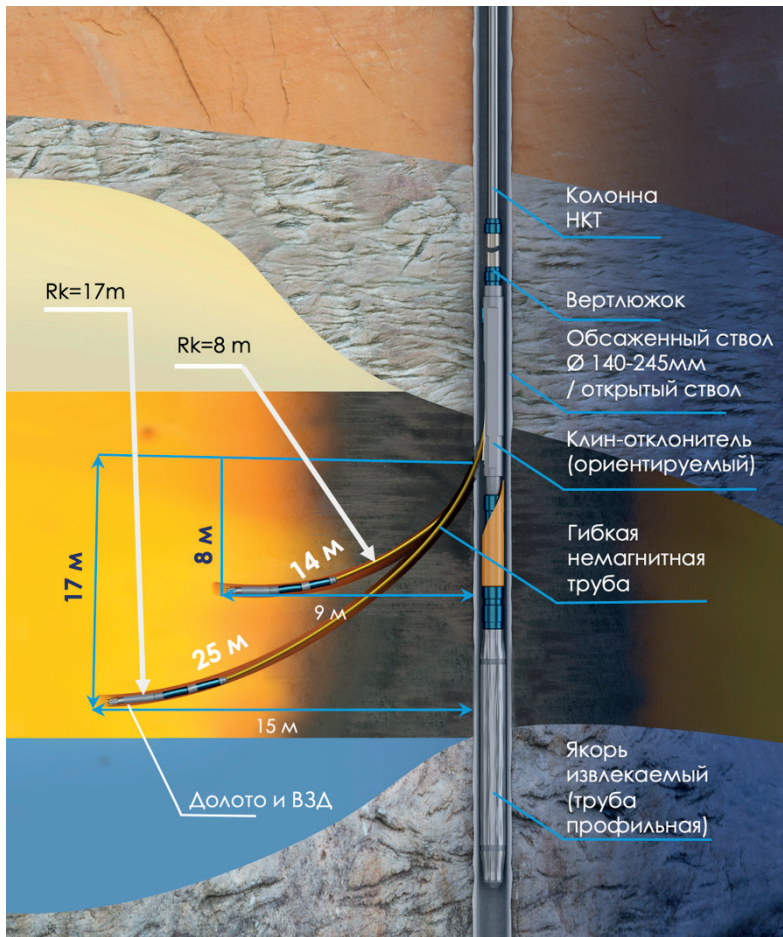


Рисунок 2. Основные элементы технической системы «Перфобур»

Figure 2. Main elements of the Perfoibur Technical system

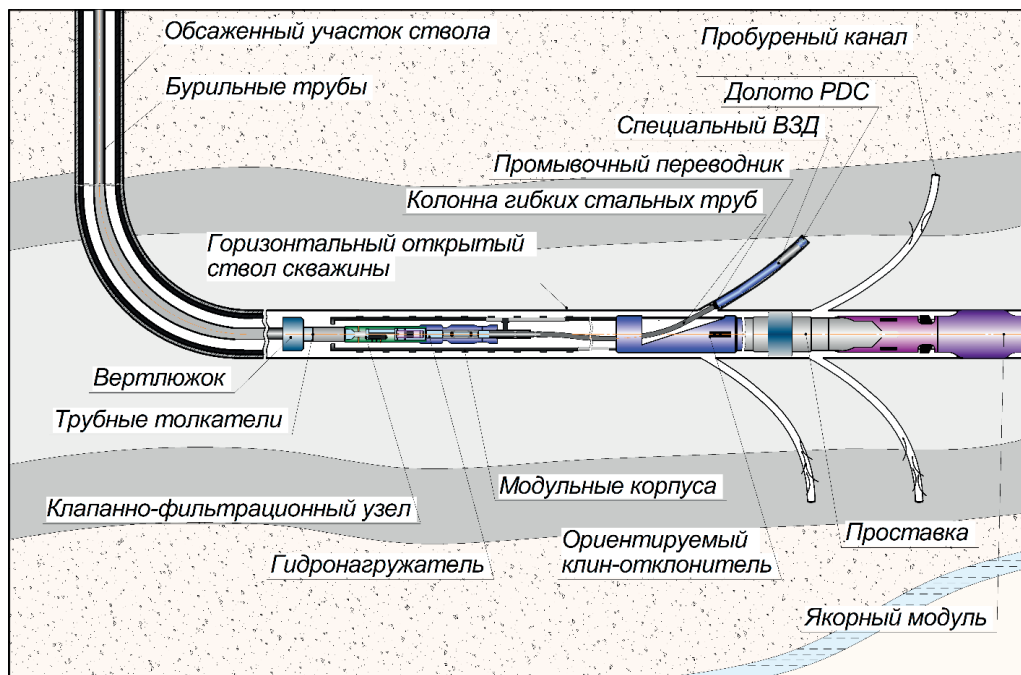


Рисунок 3. Расположение компоновки Перфобур в горизонтальном стволе при бурении четвертого канала

Figure 3. Location of the Perfoibur BHA in a horizontal wellbore while drilling the fourth channel

— предоставляет возможность регистрации фактической траектории пробуренных каналов;

— на одной отметке можно пробурить до четырех радиальных каналов с разным набором кривизны и длины каналов;

— предоставляет возможность многократного входа в пробуренный канал;

— возможно комбинирование ГТМ, например, дополнительное проведение кислотной обработки;

— возможность работы как в вертикальных, так и в горизонтальных скважинах;

— состоит исключительно из узлов не серийного, но отечественного производства.

Для более успешной интенсификации карбонатного коллектора технологию РВП используют в комплексе с СКО [7, 9, 19]. Проведение кислотных обработок внутри пробуренных каналов через специальную гидромониторную насадку позволяет точно стимулировать все целевые пропластки, при этом не требуется использование отклоняю-

щих составов так как намыв червоточин происходит за счет гидромониторного эффекта непосредственно напротив целевого пропластка, как изображено на рисунке 4.

### Результаты

Скважина X (SY-108) стала первой на месторождения Shah в программе опытно-промышленных работ. Целью испытания была оценка технической возможности ТС «Перфобур», с точки зрения надежности и эффективности технологии, при бурении каналов по прогнозируемой траектории в геологических условиях месторождений ОАЭ, в открытом горизонтальном стволе. Краткая информация по скважине в таблице 2.

Интервалы бурения каналов были выбраны в доломитах на глубине 6050–6150 футов, планшет ГИС предоставлен на рисунке 5.

Осложняющими факторами при проведении работ были: постоянные поглощения буровой технологической жидкости, ожидание возможных дифференциальных прихватов

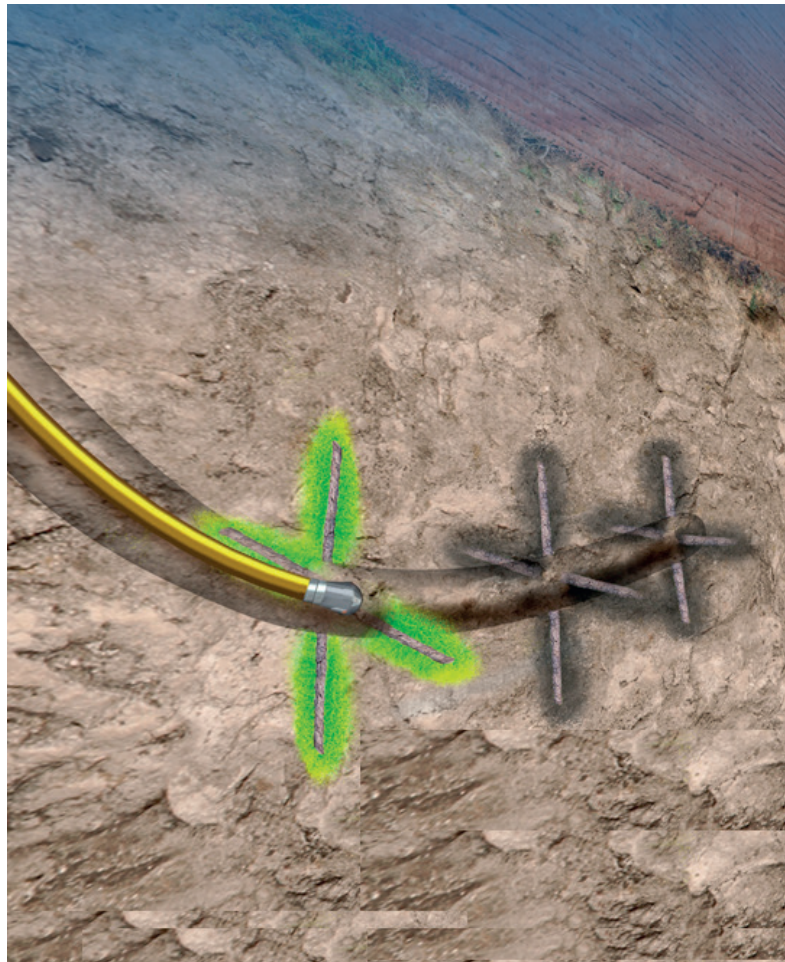


Рисунок 4. Гидромониторная СКО в радиальных каналах

Figure 4. BHA for acid stimulation inside the radial channels

Таблица 2. Информация по скважине X

Table 2. Well X information

Номер скважины	X
Месторождение	Shah
Пласт	Simsima R1
Назначение скважины	Нагнетательная
Заполненная жидкость, удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Соляной раствор 1,03
Текущий забой, фут	7680
Интервал зоны бурения каналов, фут	Канал №1 6180-6225 фут
	Канал №2 6180-6225 фут
	Канал №3 6075-6220 фут
	Канал №4 6075-6220 фут
Диаметр скважины, мм	Открытый ствол 152,4
Зенитный угол в интервале бурения каналов, град	90
Тип коллектора	Карбонатный

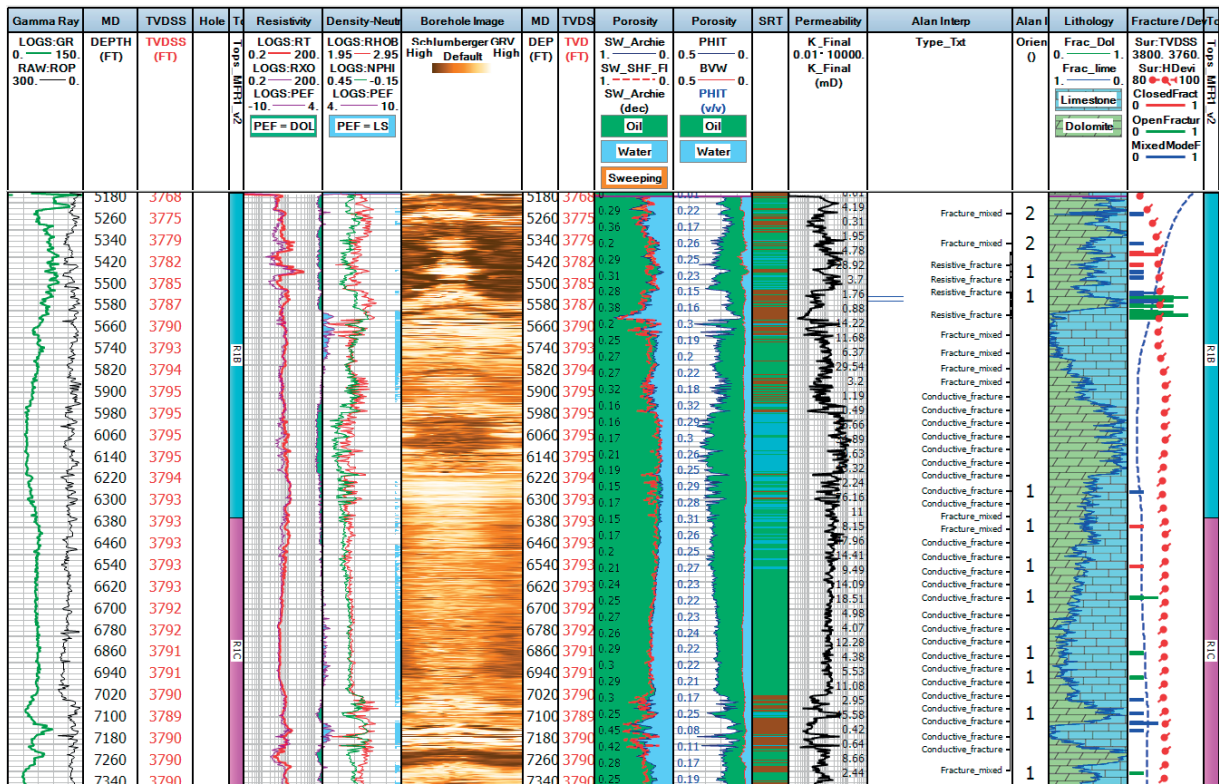


Рисунок 5. Планшет ГИС скважина X

Figure 5. Well X Log plot

колонны НКТ (СБТ), на которых спускалась ТС и вероятность прихватов гибких бурильных труб, вследствие возможного заклинивания в местах деформирования поперечного сечения перфорационного, тангенциально-образного канала. На первом этапе работы был установлен усовершенствованный извлекаемый якорный модуль для надежной и эффек-

тивной работы в открытом стволе материнской скважины. Далее производилось бурение первого канала в интервале 6180-6225 футов в азимутальном направлении с дискретным вращением колонны НКТ (СБТ), с экспериментально подбираемой угловой скоростью 10...20 мин<sup>-1</sup>. Бурение первого канала было выполнено с осторожностью для того, чтобы

детально контролировать параметры бурения и оценить работоспособность КНБК, в том числе по механической скорости проходки. Канал пробурен по плану, средняя скорость проходки составила 3 фута в час (0,91 м/ч). Далее выполнена запись траектории канала специальным автономным инклинометром АИ-30. Результаты инклинометрии предоставлены на рисунке 6. После бурения и проведения записи инклинометра канала №1 потребовались дополнительные работы по промывке якорного модуля.

После подъема ТС и проверки работоспособности её модулей и базовых узлов, установлена неудовлетворительная работа вертлюжка верхнего модуля, обеспечивающего возможность стабильного вращения НКТ, без передачи крутящего момента корпусам нижних модулей ТС. Были выполнены определенные регламентные работы по его техническому обслуживанию и принято решение по его модернизации для дальнейшего применения.

Далее были выполнены работы по бурению канала №2, скорость проходки составила 5 футов в час (1,52 м/ч), направление по азимуту 150 градусов. Канал №3 пробурен в интервале 6075–6120 футов, направление по азимуту 210 градусов, скорость проходки составила 4 фута в час (1,22 м/ч). Канал №4 пробурен в интервале 6075–6120 футов, направление по азимуту 210 градусов, скорость проходки составила 3,3 фута в час (1,0 м/ч).

Бурение каналов производилось с целью снизить эффект повреждения призабойной зоны пласта и пробурить перемычки для приобщения нижележащих пропластков. Проведение СКО в каналах на данной скважине не планировалось, недропользователь принял решение оценить эффект от проведения РВП без СКО. Перед извлечением якорного модуля провели промывку, далее якорь извлекли из открытого горизонтального ствола скважины. Бурение четырех каналов выполнено по плану с одного якоря. Запись инклинометрии выполнена в каналах №1 и №4, что

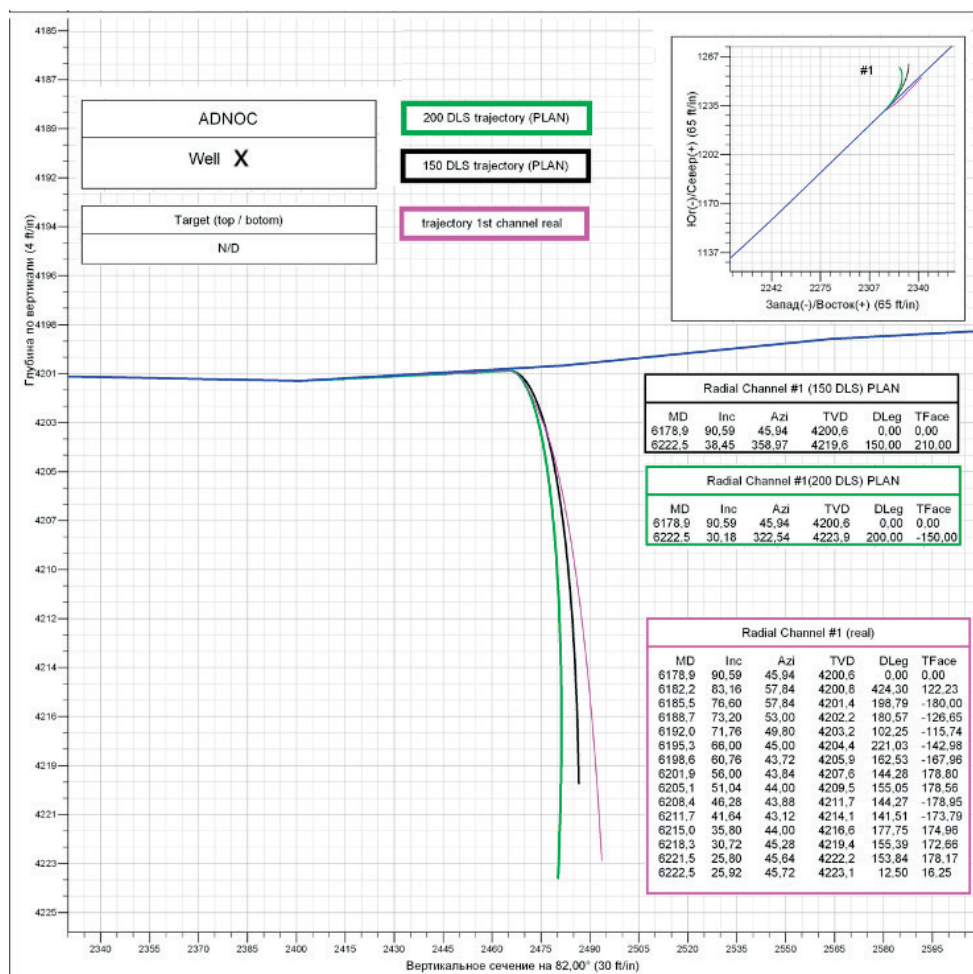


Рисунок 6. Инклинометр первого канала скв. X

Figure 6. Inclinometry Survey Data for the First Lateral of Well X.

подтвердило качество выполняемых работ по РВП. Оценили эффективность применения технологии бурения ТС «Перфобур» направленных каналов сверх малого диаметра и радиуса кривизны в горизонтальном открытом стволе по прогнозируемой траектории для увеличения нефтеотдачи пластов.

**Обсуждение**

С целью повышения эксплуатационной надежности ТС для работы в открытых стволах скважин, выполнены регламентированные работы по совершенствованию конструкции вертлюжка, являющего одним из базовых элементов системы. Модернизирована конструкция, и выполнен её прочностной расчет, который проводился с единых системотехнических позиций, с учетом высокого уровня качества изготовления и надежности, обеспечивающей безотказную работу технической системы в целом, в соответствии с назначенным ресурсом на протяжении заданного срока службы. Оптимизация конструкции осуществлялась по критериям прочности в соответствии с РД 39-0147014-502-85, при условии работы как внутри обсадной колонны, так и в открытом стволе скважины.

Прочностной расчет проводился с использованием анализа напряженно-деформированного состояния численным методом конечных элементов.

Модель вертлюжка приведена на рисунке 7, а распределение напряжений при растяжении КНБК — на рисунке 8.

Максимальное эквивалентное напряжение по Мизесу — 101,54 МПа, возникающее в конструкции инструмента, не превышает допустимое значение 263 МПа. Условие прочности выполнено.

Коэффициент запаса прочности по усталости — 6,18, что выше минимально необходимого значения 1,5.

Коэффициент запаса прочности — 8,99 для резьбы М100х3 при растяжении, что в два раза больше минимально необходимого значения при динамических нагрузках.

Коэффициент запаса прочности на смятие — 12,17 для резьбы М100х3, что значительно больше минимально необходимых значений.

Максимальная величина зазора между соприкасающимися поверхностями муфты и вала для обеспечения герметичности выбрана — 0,002 мм.

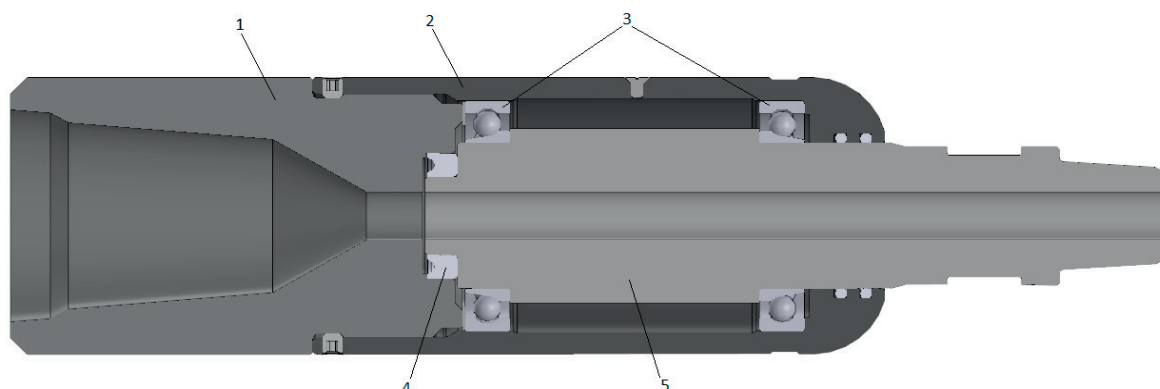
Максимальная осевая нагрузка на один подшипник 49536 Н.

Максимальная радиальная нагрузка на один подшипник 97,61 Н.

Статическая грузоподъемность подбираемого подшипника должна быть не меньше 25297 Н.

Минимальное значение статического коэффициента безопасности подшипника 1,11. Рекомендуется подшипники эксплуатировать в обычном режиме: плавный ход, отсутствие вибраций, нормальная точность вращения.

Динамическая грузоподъемность подшипника должна быть не меньше 18780,5 Н.

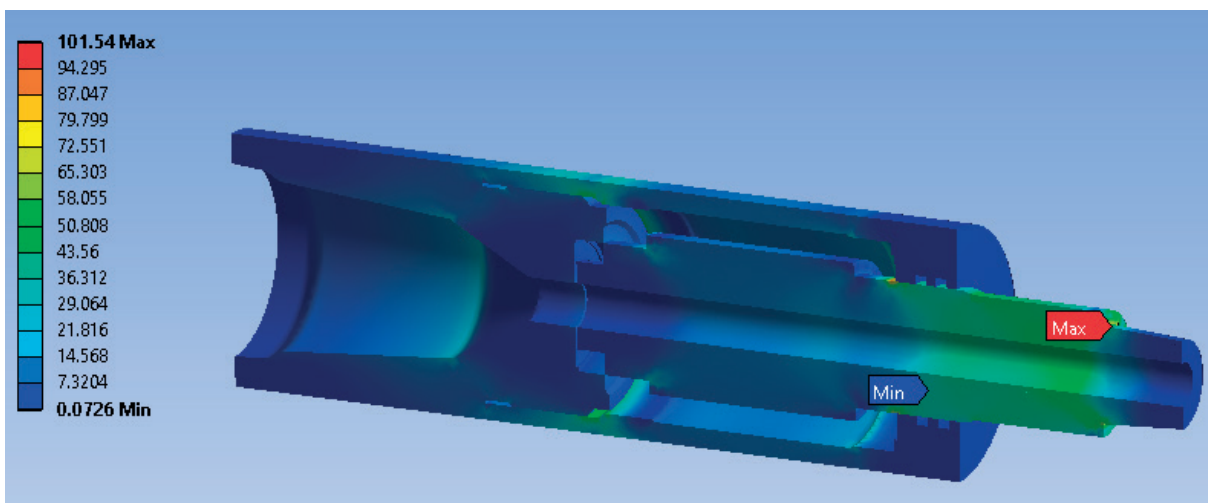


1 — переходник; 2 — муфта; 3; — подшипники качения шариковые радиально-упорные; 4 — манжета 5 — вал

1 — adapter (sub); 2 — coupling; 3 — angular contact ball bearings; 4 — seal (gland), 5 — shaft (spindle)

**Рисунок 7.** 3D модель вертлюжка

**Figure 7.** 3D Model of a swivel



**Рисунок 8.** Распределение эквивалентных напряжений при растягивающем усилии, МПа.

**Figure 8.** Distribution of equivalent stresses under tensile force, MPa.

Ресурс радиально-упорного подшипника при вращении КНБК, работающей в условиях преобладающей осевой нагрузки, составил  $0,054 \cdot 10^6$  оборотов (54000 оборотов), что обеспечивает искомый межремонтный период изделия.

Скважина Y месторождения Shah стала второй для проведения РВП. Скважина в фонде ППД. Цель проведения РВП увеличение приемистости скважины. Информация по скважине предоставлена в таблице 3.

Траектория каналов подобрана с учетом максимального вскрытия эффективной мощности пласта Simsima R1 без прорыва в нецелевые пласты и контур водонефтяного кон-

такта. На рисунке 9 изображена схема каналов на горизонтальном участке скважины.

Для проведения РВП на скважине выполнена установка якорного модуля в открытом горизонтальном стволе, а затем — бурение четырех каналов в интервалах 6990–7035 фут и 6890–6935 фут (MD каналов) с одного якоря. Дизайн каналов отображен на рисунке 10. Запись инклинометрии провели в канале № 2, отклонения по траектории были в пределах допустимых значений. СКО через гидромониторную насадку не проводили. После бурения каналов якорный модуль был извлечен из скважины.

**Таблица 3.** Информация по скважине Y

**Table 3.** Well Y information

Номер скважины	Y
Месторождение	Shah
Пласт	Simsima R1
Назначение скважины	Нагнетательная
Заполненная жидкость, удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Соляной раствор 1,03 гр/с
Текущий забой, фут	11,088
Интервал зоны бурения каналов, фут	Канал №1 6,990–7,035
	Канал №2 6,990–7,035
	Канал №3 6,890–6,935
	Канал №4 6,890–6,935
Диаметр скважины, мм	Открытый ствол 152,4
Зенитный угол в интервале бурения каналов, град	90
Тип коллектора	Карбонатный

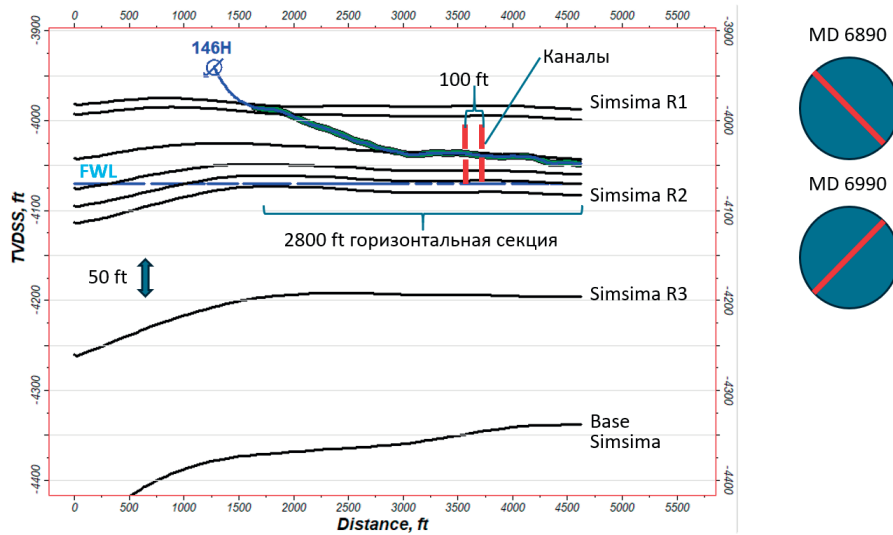


Рисунок 9. Изображение каналов в горизонтальной секции

Figure 9. Image of channels in a horizontal section

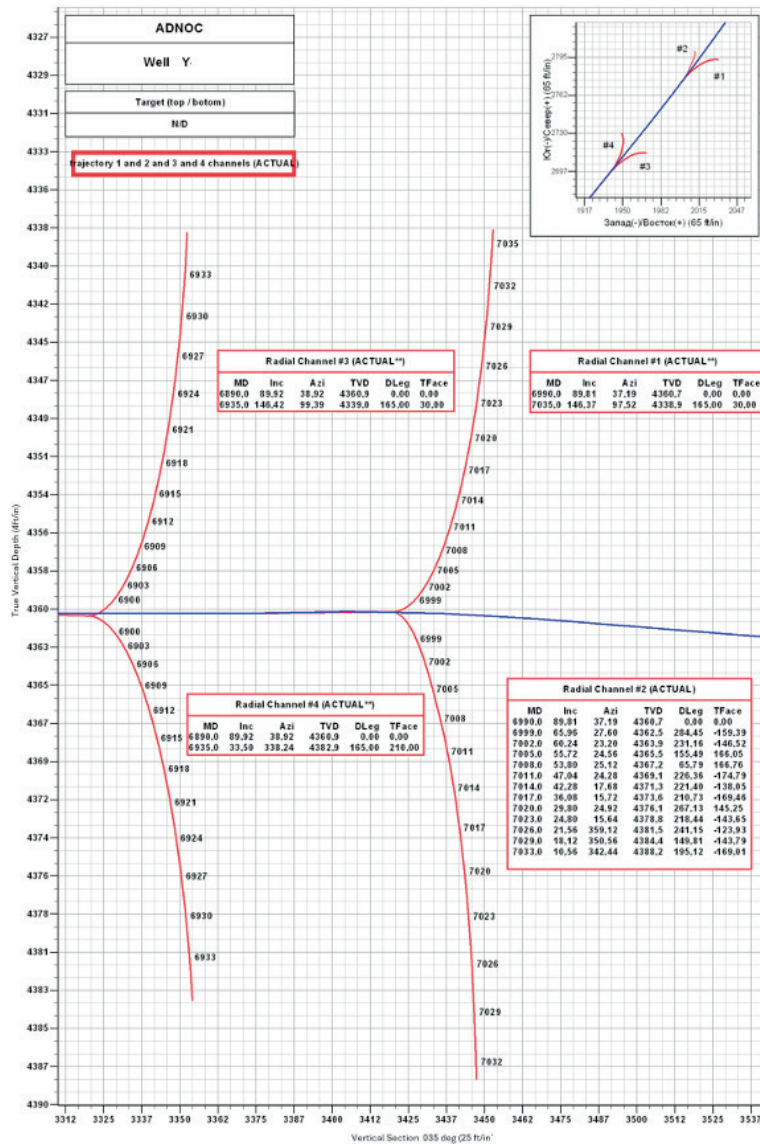


Рисунок 10. Дизайн каналов скв. Y

Figure 10. Design of Y-well channels

Скважину запустили с увеличением приемистости в 4,4 раза, но с кратковременным эффектом, далее по скважине провели СКО, и приемистость восстановилась до 5400 баррелей в сутки, что больше в 4,5 раза от остановочных значений до РВП. Недропользователь убедился, что проведение СКО совместно с РВП необходимо для достижения лучшего результата нагнетательных скважинах в карбонатных коллекторах.

Скважина Z (ВВ-1211) месторождения Ваб. РВП проводилось с целью интенсифика-

ции добычи горизонтальной скважины с открытым стволом. Информация по скважине в таблице 4.

Выполнено бурение двух каналов с одного якоря. В каналах проведена запись траектории инклинометром. Траектория каналов выдержана по вертикали без попадания в нецелевые непродуктивные пласты. На данной скважине выполнена СКО через гидромониторную насадку внутри пробуренных каналов, как показано на рисунке 4.

Таблица 4. Информация по скважине Z

Table 4. Well Z information

Номер скважины, куст	Z
Месторождение	Ваб
Пласт	Manifa
Назначение скважины	Добывающая (нефтяная)
Заполненная жидкость, удельный вес, г/см <sup>3</sup>	Соляной раствор 1,03 гр/с
Текущий забой, фут	17200
Интервал зоны бурения каналов, фут	Канал №1 11361-11394
	Канал №2 11310-11324
	Канал №3 11040-11070
	Канал №4 10980-11010
Обсадная колонна, мм (диаметр, толщина стенки, марка материала)	Открытый ствол
Зенитный угол в интервале бурения каналов, град	89,59
Тип коллектора	Карбонатный

Таблица 5. Параметры работы скважин

Table 5. Well operating parameters

Скважина	Дебит нефти до РВП, барр./сут	Расчетные по нефти, барр./сут	Параметры по нефти после РВП, барр./сут	Прирост, барр./сут
X	150	342	500	350
Z	478	724	800	322
	Приёмистость, барр./сут	Расчетная приёмистость, барр./сут	Приемистость после РВП, барр./сут	Увеличение приемистости, барр./сут
Y	1200	1834	5400	4200

**Выводы**

Получена высокая техническая и геологическая эффективность работ по технологии бурения разветвленных каналов в условиях открытых горизонтальных стволов на месторождениях ОАЭ. Благодаря проведению РВП на добычных скважинах достигнут прирост по нефти в среднем до 336 баррелей в сутки. На скважине ППД увеличена приёмистость в 4,5 раза. Результаты отображены в таблице 5.

Достигнута договоренность для дальнейшего применения технологии как на месторождениях Shah и Ваб в ОАЭ, так и в других нефтегазовых провинциях в том числе в открытых горизонтальных стволах.

Исследованием напряженно-деформированного состояния модулей технической системы «Перфобур», с применением конечно-элементного анализа, идентифицированы наиболее нагруженные зоны базовых узлов

системы, определены возникающие напряжения и деформации, в которых достигаются предельные значения при работе компоновки в открытом стволе горизонтальной скважины.

В ходе модернизации базовых узлов, с учетом коэффициентов запаса прочности и без-

опасности, получена работоспособная компоновка технической системы, обеспечивающая наиболее надежное бурение разветвленных каналов в щадящем режиме по заданной траектории, и при минимальном количестве СПО.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лягов И.А., Лягов А.В., Шайдаков В.В., Грогуленко В.В., Зинатуллина Э.Я. Техническая система «Перфобур» для вторичного вскрытия продуктивного пласта // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2022. № 2 (350). С. 47-52. DOI: 10.33285/0130-3872-2022-2(350)-47-52. EDN: FTIJVR.
2. Lyagov I.A., Lyagova M.A. Technology of Productive Horizons Casing Perforation by Drilling of Branched Channels With Midget Diameter and Curvature Radius // SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition. 2013. Paper No. SPE-166857-MS. DOI: 10.2118/166857-MS.
3. Воин О.В. Разработка и внедрение технологии бурения на гибкой насосно-компрессорной трубе диаметром 73 мм компанией «ФракДжет-Волга» для интенсификации добычи нефти и газа // Время колтюбинга. 2024. № 98. С. 6-15.
4. Пат. 195139 U1, RU. Бурильная компоновка с малогабаритным гидравлическим забойным двигателем / А.В. Лягов, И.А. Лягов. 2019120556, Заявлено 25.12.2017; Оpubл. 15.01.2020. Бюл. № 2.
5. Nabil E.A., Mostafa M.Z., Badea M., Rafik R.W., Dolman L.F., Miftakhov S., Lyagov I., Makarenko V. Application of Hyper-Short Radius Mechanical Radial Drilling for the Enhanced Production of Heavy Oil in a Carbonate Reservoir in Egypt // SPE Conference at Oman Petroleum & Energy Show, Muscat, Oman. Paper No. SPE-218571-MS. DOI: 10.2118/218571-MS.
6. Lyagov I.A., Nikolaev N.I., Reich M., Mezzetti M. Analytical Research and Experimental Tests on the Technology for Drilling Small Diameter Channels with Small Radius of Curvature // Oil Gas European Magazine. 2014. № 40(3). С. 124–129.
7. Лягов И.А., Лягов А.В. Шестакова Е.В. Сулейманов И.Н. Ямалиев В.У. Математический аттрактор модели процесса движения смеси «стружка-жидкость» при фрезеровании обсадной колонны специальными забойными двигателями // Бурение и нефть. 2025. № 4. С. 28-36. DOI: 10.62994/2072-4799.2025.73.18.004. EDN: IOSLJV.
8. Liagova A.A., Liagov I.A. The Technology of Completion Reservoir by Drilling a Network of Branched Channels Under Controlled Trajectory // Youth Technical Sessions Proceedings. Proceedings of the 6th Youth Forum of the World Petroleum Council - Future Leaders Forum. 2019. P. 345-351. DOI: 10.1201/9780429327070-47.
9. Galas I.R., Bashirov A.I., Makarenko V.A., Miftakhov S., Lyagov I., Dolman L., Gulyaev D., Nikonorova A. The Method of Directional Radial Drilling of Channels for Stimulation of Oil Rim // Society of Petroleum Engineers. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, UAE. 2022. Paper No. SPE-211482-MS. DOI: 10.2118/211482-MS.
10. Лягов И.А., Лягов А.В., Исангулов Д.Р., Лягова А.А. Выбор необходимого количества промывочных переводников в специальной компоновке и исследование их работы при бурении радиально-разветвленных каналов секционными винтовыми двигателями // Записки Горного института. 2024. Т. 265. С. 78-86. EDN: ZBPWKU.
11. Пат. 2764966 С2 РФ. МПК E21B 44/00 (2006.01). Способ компоновки бурильной колонны для вторичного вскрытия продуктивного пласта / И.А. Лягов, А.В. Лягов, М.А. Качемаева. 2020119343, Заявлено 22.10.2019; Оpubл. 24.01.2022. Бюл. № 3.
12. Пат. 2674485 С1 РФ. МПК E21B 4/02. Малогабаритный шпиндель секционного винтового забойного двигателя / А.В. Лягов, И.А. Лягов, М.А. Качемаева, А.В. Афанасьев, Д.Г. Соболев. 2017141481; Заявлено 29.11.2017; Оpubл. 11.12.2018; Бюл. № 35.
13. Liagov I., Liagov A., Liagova A. Optimization of the Configuration of The Power Sections of Special Small-Sized Positive Displacement Motors for Deep-Penetrating Perforation Using the Technical System «Perfobore» // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11. No. 11. P. 49-77. DOI 10.3390/app11114977.
14. Лягов А.В. Антивибрационные – стабилизирующие компоновки бурильной колонны для технической системы «Перфобур» / А.В. Лягов, И.А. Лягов, И.Н. Сулейманов // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2021. № 4. С. 24-32. DOI: 10.5510/OGP20200400462. EDN: FSMPLD.
15. Лягов И.А., Соболев Д.Г., Лягов А.В., Балденко Ф.Д. Специальный винтовой забойный двигатель для технической системы «Перфобур» // Бурение и нефть. 2022. № 7-8. С. 22-27. EDN: WEYKTI.
16. Декларация о соответствии технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» на Оборудование нефтепромысловое: установка «Перфобур», модели: УПБ-60.01-140/178-01. ЕАЭС N RU Д-РУ.РА01.В.99049/21 от 28.05.2021.
17. Пат. 217542 U1 РФ. МПК F01C 1/16. Героторный механизм рабочих органов объемной гидравлической машины / Д.Ф. Балденко, Ф.Д. Балденко, И.А. Лягов, А.В. Лягов, Яо Ян. 2022127178, Заявлено 19.10.2022; Оpubл. 04.04.2023. Бюл. № 10. 19 с.
18. Пат. 2778910 С2 РФ. МПК E21B 19/08. Устройство для создания осевой нагрузки в компоновке бурильной колонны / А.В. Лягов, И.А. Лягов, М.А. Качемаева, А.В. Лягов, И.А. Лягов, М.А. Качемаева. 2020119344, Заявлено 07.02.2020; Оpubл. 29.08.2022. Бюл. № 34. 26 с.
19. Султанов Э.Р., Лягов А.В., Лягов И.А., Назыров В.А. Макаренко В.А. Мифтахов С.А. Гамма и электро-каротаж при капитальном ремонте скважин по технологии радиально разветвленного вскрытия пласта // Нефтегазовое дело. 2023. Т. 21. № 6. С. 78-87. DOI: 10.17122/ngdelo-2023-6-78-87. EDN: GECBIV.

## REFERENCES

1. Lyagov I.A., Lyagov A.V., Shaidakov V.V., Grogulenko V.V., Zinatullina E.Ya. Tekhnicheskaya sistema «Perfobur» dlya vtorichnogo vskrytiya produktivnogo plasta [«Perfobur» Technical System for Secondary Opening of a Productive Formation]. *Stroitel'stvo nefyanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more — Construction of Oil and Gas Wells on Land and Sea*, 2022. No. 2 (350), pp. 47-52. DOI: 10.33285/0130-3872-2022-2(350)-47-52. EDN: FTIJVR. [in Russian].
2. Lyagov I.A., Lyagova M.A. Technology of Productive Horizons Casing Perforation by Drilling of Branched Channels With Midget Diameter and Curvature Radius. *SPE Arctic and Extreme Environments Technical Conference and Exhibition*. 2013. Paper No. SPE-166857-MS. DOI: 10.2118/166857-MS.
3. Voin O.V. Razrabotka i vnedrenie tekhnologii bureniya na gibkoj nasosno-kompressornoj trube diametrom 73 mm kompaniej «FrakDzhet-Volga» dlya intensivatsii dobychi nefi i gaza [Development and Implementation of Drilling Technology on 73 mm Diameter Coiled Tubing by Frakjet-Volga for Intensification of Oil and Gas Production]. *Vremya koltyubinga — Coiled Tubing Times*, 2024, No. 98, pp. 6-15. [in Russian].
4. Lyagov A.V., Lyagov I.A. *Buril'naya komponovka s malogabaritnym gidravlicheskim zabojnym dvigatelem* [Drill Layout with a Small Hydraulic Bottom Drive Motor]. Patent RF, No. 195139 U1. 2020. [in Russian].
5. Nabil E.A., Mostafa M.Z., Badea M., Rafik R.W., Dolman L.F., Miftakhov S., Lyagov I., Makarenko V. Application of Hyper-Short Radius Mechanical Radial Drilling for the Enhanced Production of Heavy Oil in a Carbonate Reservoir in Egypt. *SPE Conference at Oman Petroleum & Energy Show*, Muscat, Oman. Paper No. SPE-218571-MS. DOI: 10.2118/218571-MS.
6. Lyagov I.A., Nikolaev N.I., Reich M., Mezzetti M. Analytical Research and Experimental Tests on the Technology for Drilling Small Diameter Channels with Small Radius of Curvature. *Oil Gas European Magazine*, 2014, No. 40(3), pp. 124-129.
7. Lyagov I.A., Lyagov A.V., Shestakova E.V., Suleymanov I.N., Yamaliev V.U. Matematicheskij attraktor modeli processa dvizheniya smesi «struzhka-zhidkost» pri frezerovanii obsadnoj kolonny special'nymi zabojnymi dvigatelyami [Mathematical Attractor of The Chip-Liquid Mixture Motion Model During Casing Milling by Special Downhole Motors]. *Burenie i nefi' — Drilling and Oil*, 2025, No. 4, pp. 28-36. DOI: 10.62994/2072-4799.2025.73.18.004. EDN: IOSLJV. [in Russian].
8. Liagova A.A., Liagov I.A. The Technology of Completion Reservoir by Drilling a Network of Branched Channels Under Controlled Trajectory. *Youth Technical Sessions Proceedings. Proceedings of the 6th Youth Forum of the World Petroleum Council - Future Leaders Forum*, 2019, pp. 345-351. DOI: 10.1201/9780429327070-47.
9. Galas I.R., Bashirov A.I., Makarenko V.A., Miftakhov S., Lyagov I., Dolman L., Gulyaev D., Nikonorova A. The Method of Directional Radial Drilling of Channels for Stimulation of Oil Rim. *Society of Petroleum Engineers. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*, Abu Dhabi, UAE. 2022. Paper No. SPE-211482-MS. DOI: 10.2118/211482-MS.
10. Lyagov I.A., Lyagov A.V., Isangulov D.R., Lyagova A.A. Vybore neobhodimogo kolichestva promyvochnyh perevodnikov v special'noj komponovke i issledovanie ih raboty pri burenii radial'no-razvetvlyennyh kanalov sekcionnymi vintovymi dvigatelyami [Selection of the Required Number of Circulating Subs in a Special Assembly and Investigation of Their Performance During Drilling of Radial Branching Channels by Sectional Positive Displacement Motors]. *Zapiski Gornogo instituta — Journal of Mining Institute*, 2024. T. 265. C. 78-86. EDN: ZBPWKU. [in Russian].
11. Lyagov I.A., Lyagov A.V., Kachemaeva M.A. *Sposob komponovki buril'noj kolonny dlya vtorichnogo vskrytiya produktivnogo plasta* [Method for Assembling a Drill Column for Secondary Penetration of a Productive Reservoir]. Patent RF, No. 2764966 C2, 2022. [in Russian].
12. Lyagov A.V., Lyagov I.A., Kachemaeva M.A., Afanasyev A.V., Sobolev D.G. *Malogabaritnyj shpindel' sekcionnogo vintovogo zabojnogo dvigatelya* [Small Size Spindle of Sectional Screw Downhole Motor]. Patent RF, No. 2674485 C1, 2018. [in Russian].
13. Liagov I., Liagov A., Liagova A. Optimization of the Configuration of The Power Sections of Special Small-Sized Positive Displacement Motors for Deep-Penetrating Perforation Using the Technical System «Perfobore». *Applied Sciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11. No. 11. P. 49-77. DOI 10.3390/app11114977.
14. Lyagov A.V., Lyagov I.A., Suleimanov I.N. Antivibracionnye – stabiliziruyushchie komponovki buril'noj kolonny dlya tekhnicheskoy sistemy «Perfobur» [Anti-Vibration - Stabilizing Drill Bottomhole Assembly for «Perfobore» Technical System]. *Nauchnye trudy NIPi Neftegaz GNKAR — SOCAR Proceedings*, 2021, No. 4, pp. 24-32. DOI: 10.5510/OGP20200400462. EDN: FSMPDG. [in Russian].
15. Lyagov I.A., Sobolev D.G., Lyagov A.V., Baldenko F.D. Special'nyj vintovoj zabojnyj dvigatel' dlya tekhnicheskoy sistemy «Perfobur» [Special Motor for the Perfobur Technical System]. *Burenie i nefi' — Drilling and Oil*, 2022, No. 7-8, pp. 22-27. EDN: WEYKTI. [in Russian].
16. *Deklaraciya o sootvetstvii tekhnicheskogo reglamenta Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti mashin i oborudovaniya» na Oborudovanie neftepromyslovoe: ustanovka «Perfobur», modeli: UPB-60.01-140/178-01. EAES N RU D-RU.RA01.V.99049/21 ot 28.05.2021* [Declaration of Compliance with the Technical Regulations of the Customs Union "On the Safety of Machinery and Equipment" for Oil Field Equipment: Perfobur Unit, models: UPB-60.01-140/178-01. EAEU N RU D-RU. PA01.B.99049/21 dated 28.05.2021]. [in Russian].
17. Baldenko D.F., Baldenko F.D., Lyagov I.A., Lyagov A.V., Yao Yan. *Gerotornyj mekhanizm rabochih organov ob'emnoj gidravlicheskoj mashiny* [Gerotor Mechanism of the Working Bodies of a Volumetric Hydraulic Machine]. Patent RF, No. 217542 U1, 2023. [in Russian].
18. Lyagov A.V., Lyagov I.A., Kachemaeva M.A., Lyagov A.V., Lyagov I.A., Kachemaeva M.A. *Ustrojstvo dlya sozdaniya osevoj nagruzki v komponovke buril'noj kolonny* [Device for Creation of Axial Load in Drill String Arrangement]. Patent RF, No. 2778910 C2, 2022. [in Russian].

19. Sultanov E.R., Lyagov A.V., Lyagov I.A., Nazyrova M.F., Makarenko V.A., Miftakhov S.A. Gamma i elektro-karotazh pri kapital'nom remonte skvazhin po tekhnologii radial'no razvetvlenogo vskrytiya plasta [Gamma and Electro-Logging During Well Workover Using the

Technology of Radial Branching of Formation]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2023, Vol. 21, No. 6, pp. 78-87. DOI: 10.17122/ngdelo-2023-6-78-87. EDN: GECBIV. [in Russian].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Александр Васильевич Лягов**, доктор технических наук, профессор кафедры «Нефтегазопромышленное оборудование», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Российская Федерация

**Alexander V. Lyagov**, doctor of technical sciences, professor, Oil and gas field equipment department, Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russian Federation

[alygov@perfobur.com](mailto:alygov@perfobur.com)

**Илья Александрович Лягов**, кандидат технических наук, генеральный директор, ООО «Перфобур», Москва, Российская Федерация

**Ilya A. Lyagov**, candidate of technical science, general director, Perfobur LLC, Moscow, Russian Federation

[ilyagov@perfobur.com](mailto:ilyagov@perfobur.com)

**Виталий Александрович Макаренко**, руководитель геологической службы, ООО «Перфобур», Москва, Российская Федерация

**Vitaly A. Makarenko**, head of the Geological service, Perfobur LLC, Moscow, Russian Federation

[vmakarenko@perfobur.com](mailto:vmakarenko@perfobur.com)

**Салават Алмазович Мифтахов**, менеджер по управлению проектами, PGI Technologies Ltd, Abu Dhabi, Абу Даби, Объединенные Арабские Эмираты

**Salavat A. Miftakhov**, Project management manager, PGI Technologies Ltd, Abu Dhabi, United Arab Emirates

[salavat.miftakhov@perfobore.com](mailto:salavat.miftakhov@perfobore.com)

**Константин Владимирович Ниткевич**, руководитель конструкторской группы, ООО «Перфобур», Москва, Российская Федерация

**Konstantin V. Nitkevich**, head of the Design team, Perfobur LLC, Moscow, Russian Federation

[knitkevich@perfobur.com](mailto:knitkevich@perfobur.com)

**Сергей Васильевич Корнилин**, инженер расчетчик, ООО «Перфобур», Москва, Российская Федерация

**Sergey V. Kornilin**, calculation engineer, Perfobur LLC, Moscow, Russian Federation

[info@perfobur.com](mailto:info@perfobur.com)

Статья поступила в редакцию 15.01.2026; одобрена после рецензирования 27.02.2026; принята к публикации 30.03.2026.

The article was submitted 15.01.2026; approved after reviewing 27.02.2026; accepted for publication 30.03.2026.