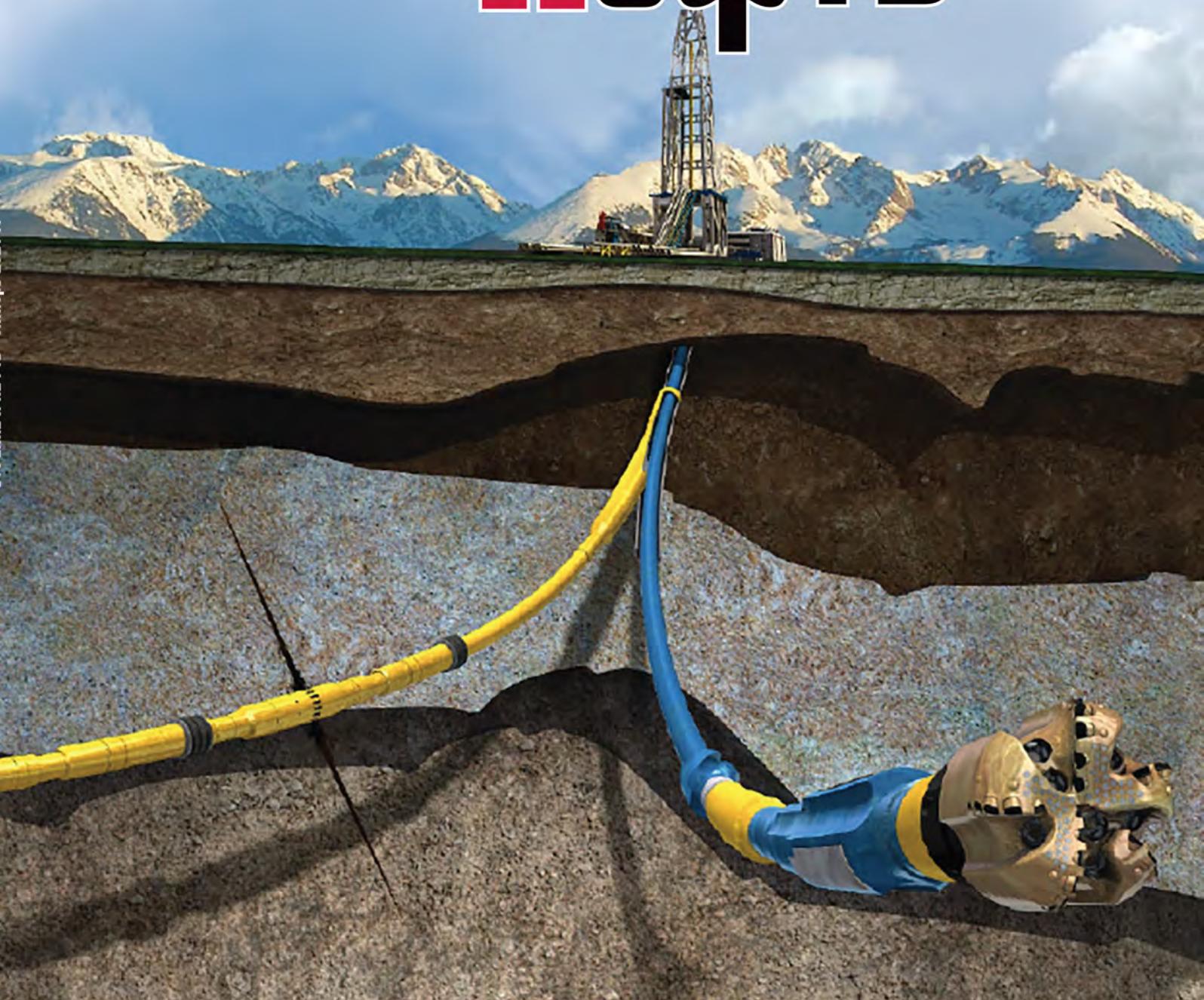


# **& Нефть**



**Горизонтальное бурение: преимущества и перспективы ...**  
стр. 3, 25, 32, 38

**Они посвятили жизнь бурению: 45 лет Сургутскому УБР-2**  
стр. 12

**Новые технологии для бурения и добычи**  
стр. 19, 22, 29

**10** октябрь  
**2021**



# Инновационные решения для повышения эффективности нефтедобычи



УДК 622.323; 622.24.085.24

*В статье приводится краткий обзор растущего сегмента рынка новых технологий в области масштабного воздействия на залежь управляемыми стволами малого радиуса входа в пласт. Дается описание трех направлений развития технологии с оценкой перспектив их применения в различных геолого-технических условиях. Авторы, являясь разработчиками одной из технологий струйного бурения, приводят более углубленную информацию о параметрах технологии и возможности создания значимо дифференцированных ее версий.*

Ключевые слова: струйное бурение, геонавигация, управление траекторией стволов, бурение материнских горизонтальных скважин, многоствольное, многэтажное, разветвленное горизонтальное бурение (ГБ), забурка боковых горизонтальных стволов (ЗБГС), гидроразрыв пласта (ГРП), кислотное туннелирование, механическое бурение на колтюбинге

## INNOVATIVE SOLUTIONS TO IMPROVE OIL PRODUCTION EFFICIENCY

The article provides a brief overview of the growing market segment of new technologies in the field of large-scale impact on the deposit by controlled shafts of a small radius of entry into the reservoir. The description of three directions of technology development is given with an assessment of the prospects for their application in various geological and technical conditions. The authors of the article, being the developers of one of the technologies of jet drilling, provide more in-depth information about the parameters of the technology and the possibility of creating significantly differentiated versions of it.

Keywords: jet drilling, geonavigation, control of the trajectory of trunks, drilling of parent horizontal wells multi-barrel, multi-storey, branched (GB); drilling of lateral horizontal trunks (ZBGS) and hydraulic fracturing (FRACKING), acid tunneling, mechanical drilling on coiled tubing

**ООО** «Нефтегазтехнология» было основано в 2001 г. с целью внедрения новейших отечественных и зарубежных технологий для повышения отдачи пластов и интенсификации добычи углеводородов в Российской Федерации. К 2013 г. компания имела портфель проектов на нефтяных и газовых месторождениях в Ямало-Ненецком автономном округе: гидроразрыв пласта (ГРП) с освоением нефтяных и газоконденсатных скважин в условиях аномально низкого пластового давления (АНПД); ГРП в поисково-разведочном фонде скважин; азотное освоение скважин с колтюбинга; радиальное вскрытие пласта по зарубежной технологии. В 2013 г. начался этап научно-исследовательских работ

по разработке собственной технологии проводки ориентируемых боковых стволов малого диаметра. Далее проводились опытно-конструкторские работы, патентование технологии и товарного знака «Blood Vessels». С получением статуса Резидента ИЦ «Сколково» в 2018 г. был запущен стартап «Технология проводки управляемых боковых стволов малого диаметра «Blood Vessels».

В настоящее время компания внедряет инновационную технологию «Blood Vessels» (далее - BV) с целью создания адресной и управляемой, разветвленной по мощности и простирающую сети боковых стволов в продуктивном пласте в радиусе до 300–500 метров от материнской скважины.

**П.И. ПОПОВ,**  
генеральный директор  
ppopov@n-gt.ru

**А.А. ФИЛИППЕНКО,**  
зам. генерального директора  
по геологии  
afilippenko@n-gt.ru

**Д.Н. ШУВАЕВ,**  
главный конструктор  
dshuvaev@n-gt.ru

ООО «Нефтегазтехнология»  
г. Москва, 121609, РФ

**P.I. POPOV<sup>1</sup>,**  
**A.A. FILIPENKO<sup>1</sup>,**  
**D.N. SHUVAEV<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> «NEFTEGAZTEKNOLOGIYA»  
LLC  
Moscow, 121609,  
Russian Federation



Стволы проводятся с колтюбинговых установок струйным способом с использованием геонавигации и управлением траекторией стволов.

### ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Кризис в пандемийный период обострил проблемы для всех участников нефтегазовой отрасли, приблизил и сделал их более осязаемыми. Ухудшается структура мировых запасов углеводородов. Россия имеет отрицательную динамику между объемами добычи нефти и прироста ее запасов, обладая при этом низким коэффициентом извлечения нефти (КИН). Рост доли трудноизвлекаемых запасов приводит к усложнению технологий разработки углеводородов и росту себестоимости их добычи. Перечисленные проблемы не являются конечными, а дополняются еще геополитическими, экологическими и налоговыми негативными трендами. На этом фоне потребность в прорывных технологиях, повышающих коэффициент извлечения нефти (ПНИ), интенсифицирующих приток (ИДН) и снижающих себестоимость добычи, приобретает наивысшую актуальность. Для внедрения таких технологий не нужно создавать инфраструктуру – существующие месторождения и скважины – базисы для прироста извлекаемых запасов, а затраты на внедрение технологий повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) и интенсификации добычи нефти (ИДН) минимальны, имеют короткий срок окупаемости и высокую маржинальность.

Извлекаемые запасы нефти в России на 2020 г. составляют 12,7 млрд т. Давайте предположим, что некая прорывная технология при масштабном внедрении сможет увеличить КИН всего на 10 %, с 0,3 до 0,33. Прирост доказанных запасов нефти составит 1,27 млрд т. Это цена открытия десяти крупных месторождений, в освоение которых не требуется капитальных вложений на геологоразведку и создание инфраструктуры для добычи.

От каких нефтесервисных технологий стоит ожидать таких приростов КИН? Три из них известны и широко применяются: бурение материнских горизонтальных скважин – многоствольное, многоэтажное, разветвленное (ГБ); забурка боковых горизонтальных стволов (ЗБГС) и гидроразрыв пласта (ГРП). Эти технологии на определенном жизненном пути подняли планку нефтедобычи, обеспечив ее существующий уровень. Совершенствование их сегодня крайне важно. Даже при приросте эффективности или расширении области применения в несколько процентов эти технологии приносят ощутимый прирост нефтедобычи за счет масштабного использования. Но нужно понимать, что потенциал данных технологий уже реализован, и не стоит ожидать от них «прорывного» эффекта в будущем.

Какие же технологии могут обладать потенциалом, соответствующим нынешним ожиданиям рынка? Последние годы идет технологический поиск эффективного создания боковых стволов малого диаметра с малым радиусом входа в пласт, берущих свое начало в интервале пласта или в непосредственной близости от продуктивного горизонта. Поскольку аналитиками рынка данное движение в силу своей молодости и неопределенности еще не выделено в отдельный сегмент, авторы статьи взяли на себя смелость обозначить зарождение нового сегмента рынка в области масштабного воздействия на залежи и создание новых технологий этого сегмента под условным названием малые горизонтальные стволы (МГС).

### КАК ТЕХНОЛОГИИ МГС ПОМОГУТ РЕШИТЬ ПРОБЛЕМУ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ

Это направление действительно может стать прорывным шагом в освоении недр. Необходимо только ранжировать такие технологии по обладанию ими определенными свойствами, причисляющими их к сегменту МГС – минимальными удельными затратами, максимальным объемным охватом залежи направленным воздействием боковыми стволами, качественным вскрытием пласта. Бурение таких стволов должно быть обеспечено онлайн-навигацией и управлением их траекториями проводки. Ценность технологии МГС определяется и степенью ее применимости в различных горно-геологических условиях, возможностью создания соответствующих дифференцированных версий. Развивающиеся технологии бурения малых горизонтальных стволов, которые в потенциале не смогут развиваться в управляемую онлайн-проводку протяженных стволов и оказать масштабное влияние на залежь, не соответствуют сегменту МГС. Для получения прорывного эффекта технология должна нести уникальные свойства за счет своих ярко выраженных возможностей. Очевидно, что с появлением такой технологии на нефтесервисном рынке и положительными результатами внедрения начнется экспоненциальный рост сегмента МГС. Технологии МГС приобретут право расположиться рядом с действующими технологиями масштабного воздействия на залежь ГБ, ЗБГС, ГРП.

### ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЙ МГС

Внедряемые сегодня технологии МГС можно разделить по способу их проводки на три группы: кислотное туннелирование, механическое и струйное бурение.

Технология кислотного туннелирования на колтюбинговой трубе с наружным диаметром 45 мм и забойным оборудованием диаметром 54 мм имеет лучший статус среди всех остальных – получены технологические результаты ее внедрения в горизонтальных открытых стволах, начал формироваться объем заказов. Сущность технологии заключается в химическом разрушении карбонатной породы при реакции с соляной кислотой. Рынок применения кислотного туннелирования ограничен открытыми стволами в карбонатных пластах. Существует также негативный фактор при проходке на кислоте – ее высокая агрессивность воздействия на оборудование, включая дорогостоящие забойные телесистемы, а также низкая экологическая безопасность. Себестоимость технологии кислотного туннелирования не обеспечивает желаемого ценового диапазона.

Из существующих технологий механического бурения к категории МГС может быть причислена технология бурения на колтюбинге с использованием ВЗД. Данное направление развивается по пути минимизации затрат за счет уменьшения диаметров инструмента и боковых стволов относительно технологий ГБ и ЗБГС. Это сопровождается снижением КПД такой системы из-за ограничений по подводу мощности на поверхности, росту гидравлических потерь на трение и техническими возможностями ВЗД в рассматриваемом типоразмере. Одна из лучших систем существующей конструктивной сборки такой технологии при идеальных условиях может обеспечить максимальную забойную мощность 25 кВт. Свойством данной технологии является радиус входа в горизонт более 30 м. Использование ее представляется возможным в открытых стволах карбонатных пластов



Табл. Параметры технологии BV

Параметр	Измерение
Способ проходки	Гидромониторный
Мощность на забое, кВт	400
Расход жидкости, л/мин	500
Диаметр гидромониторной насадки, мм	38
Длина боковых каналов, м	до 500
Диаметр бокового канала, мм	80
Способ связи с забоем	Кабельный канал
Параметры online- геонавигации	ГК, азимут, зенитный угол, ТФ, Рзаб., Тзаб.
Радиус выхода в горизонт, м	6,5
Интенсивность набора угла, град/м	10
Скорость проходки, м/час	100 (зафиксирована в карбонатах)
Дополнительные опции	Проводка стволов на депрессии Кислотная обработка стволов с азотированием для очистки от продуктов реакции Обсаживание боковых стволов Переориентация трещины ГРП

(в терригенных коллекторах стволы, как правило, обсаживаются). Разработчики технологии, возможно, смогут предложить рынку в дальнейшем проведение работ в обсаженных горизонтальных стволах. Для этого им предстоит решить задачу фрезерования не одного, а достаточного количества окон в горизонтальной обсадной колонне с возможностью последующей ориентации колтбюинговой компоновки для выходов во все окна. В отличие от технологии ЗБГС здесь не предполагается обсадка боковых стволов, поэтому применение технологии в вертикальных и наклонных скважинах возможно либо при продуктивной мощности пласта более 30 м, либо при наличии прочной покрышки более 20 м. Перечисленные выше свойства сильно ограничивают рынок использования технологии механического бурения на колтбюинге.

Технология струйного бурения BV имеет все основания относиться к формирующемуся сегменту МГС. Она обладает максимальным масштабом воздействия с обширной областью применения и возможностью создания значимо дифференцированных модификаций, соответствующих различным геолого-техническим вызовам разработчиков недр. Использование струйного способа бурения и конструктивная сборка BV обеспечивает породоразрушающую мощность в 15 раз больше мощности механического бурения на колтбюинге. Для понимания этого свойства потребуется оценить работу различных технологических систем в единицу времени. Уже известные и зарекомендовавшие себя технологии масштабного воздействия на залежь (ГБ, ЗБГС и ГРП) используют забойные мощности данного порядка. Инженерам-нефтяникам понятно: для того, чтобы «заставить» пласт отдавать нефть, нужно произвести работу, являющуюся производной мощности от времени. И чем больше произведенной работы, тем выше нефтеотдача. Для технологии BV достигнутая забойная мощность 400 кВт не является пределом — при необходимости породоразрушающую мощность можно увеличить еще на 30 %. Система BV, имеющая запас по мощности, не требует использования ее всегда по максимуму, она лишь обеспечивает возможность проведения работ на больших глубинах и отходах стволов. Вторым уникальным свойством системы BV является возможность использования кабельного канала. Это техническое решение является проводником для использования высокоэффективной геонавигации и управления траекторией стволов, забойным давлением. В целом, система BV обеспечивает возможность строительства разноуровневой и разветвленной сети проводящих каналов при экологической чистоте и низкой удельной стоимости технологии работ. Краткие технические характеристики технологии BV приведены в табл.

**В КАКИХ НАПРАВЛЕНИЯХ БУДЕТ РАЗВИВАТЬСЯ ТЕХНОЛОГИЯ BV**

В заключение приводим перечень направлений развития технологии BV в ближайшей перспективе, основанный на внедрении онлайн-геонавигации и системы управления траекторией ствола:

1. Технология BV для обсаженных стволов вертикальных и наклонно-направленных скважин.

На рынок вышла технология BV\_01, которая является базовой версией технологии, оснащенной на первом этапе автономным инклинометром. Она дважды прошла технические испытания в скважине, стендовыми испытаниями отлажена работа систем BV. Технология продолжает

программу скважинных испытаний. В процессе внедрения технологии планируется создание онлайн геонавигации с модулем интегрального ГК, внедрение онлайн системы управления траекторией ствола.

2. Технология BV в открытых карбонатных стволах.

Подготовлена к программе скважинных испытаний технология BV\_02 – первая базовая версия для работы в открытых горизонтальных стволах.

Оптимальным вариантом промышленной версии технологии BV для открытых стволов будет адаптация к бесподходной технологии – после извлечения ГНО из скважины стволы BV проводятся с колтбюинговой установки без спуска НКТ в скважину.

3. Технология BV для обсаженных горизонтальных стволов хвостовиками 114 мм.

4. Технология BV в слабосцементированных песчаниках с креплением стволов пропантной набивкой.

5. Гибридная технология BV и ГРП с целью управления направлением развития трещин ГРП.

6. Технология BV в строящихся вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах до спуска обсадной колонны.

7. Технология BV в строящихся вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах после спуска обсадной колонны.

Планируется создание управляемых портов BV, включаемых вместе с разобщающими пакерами в компоновку заканчивания.

8. Гибридная технология BV и МУН с целью перераспределения движения фильтрационных потоков в пласте и доизвлечения остаточных запасов.

9. Технология BV в сланцах.

10. Технология BV на шельфе.

11. Технология BV с опцией обсадки боковых стволов хвостовиками.

Технология BV может быть интересна и востребована крупными игроками нефтегазового рынка, стратегически направленными на поиск и внедрение прорывных технологий.