

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения

Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Ирек АДЫЛГАРЕЕВ, заместитель начальника – главный инженер ООО «ТаграС-РемСервис» предприятие «АктюбинскРемСервис»; **Сергей АТРУШКЕВИЧ**, главный конструктор – первый заместитель директора, СЗАО «Новинка», Группа ФИД

Irek ADYLGAREEV, Deputy Chief – Chief Engineer at "Tagras-RemServis" LLC, branch "AktubinskRemServis"; **Sergei ATRUSHKEVICH**, Chief Designer – First Deputy Director at CJSC Novinka, FID group

Презентация была представлена в программе 21-й Международной научно-практической конференции «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» (26-27 ноября 2020 года, Москва).

The presentation was part of the program of the 21st International Scientific and Practical Coiled Tubing, Hydraulic Fracturing and Well Intervention Conference (November 26–27, 2020, Moscow, Russia).

В презентации рассматривается технология бурения боковых горизонтальных ответвлений малого диаметра с точки зрения извлечения трудноизвлекаемых запасов из неоднородных плотных коллекторов.

В озвученном на 20-й Международной научно-практической конференции «Колтюбинговые технологии, ГРП, внутрискважинные работы» (2019 год) совместном докладе Ирека Адылгареева и Эдуарда Абусалимова были освещены технологические решения, использованные в компании «Татнефть», проблемы, обнаружившиеся при внедрении технологии, а также результаты применения данной технологии и точки технологического роста. (Опубликовано в «ВК» № 71, с. 20–23).

The presentation describes the technology for drilling small-diameter horizontal lateral channels for producing hard-to-recover reserves from heterogeneous tight reservoirs.

The joint report delivered by Irek Adylgareev and Eduard Abusalimov at the 20th International Scientific and Practical Coiled Tubing, Hydraulic Fracturing and Well Intervention Conference (2019) highlighted the technological solutions used in Tatneft, challenges faced during implementation, results of the application of this technology and points of technological growth. (Published in "СТТ" № 71, p. 20–23).

1



ООО «ТаграС-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения

И.Н. Адылгареев (ООО «ТаграС - РемСервис»)

С.А. Атрушкевич (СЗАО «Новинка»)



Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

В последние годы общий вектор разработки в ПАО «Татнефть» смещается в сторону месторождений, сложенных карбонатными породами, относящимися к категории трудноизвлекаемых с общей долей невовлеченных запасов 57%. Текущие темпы отбора запасов не позволяют эффективно вырабатывать весь ресурсный потенциал карбонатов нижнего и среднего карбона – общая доля извлеченных запасов составляет 21%.

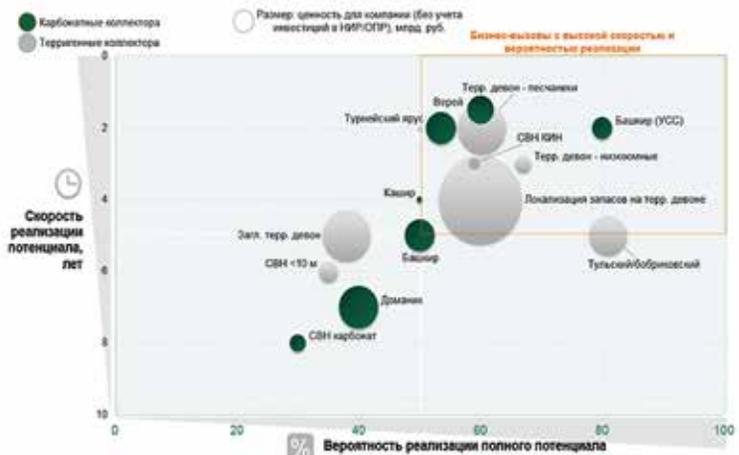
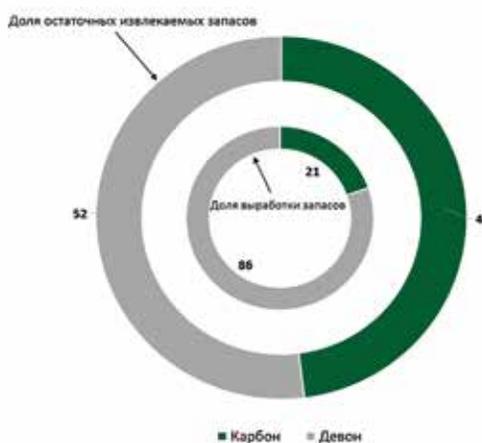
Процесс разработки данных пластов осложняется наличием естественных трещин, простирающихся в вертикальном направлении, отсутствием эффективной системы ППД и близким расположением водонасыщенных пластов, что в совокупности увеличивает риски прорыва пластовой воды, особенно при применении методов стимуляции пласта. Следует отметить, что для башкирского и турнейского ярусов характерно низкое пластовое давление (в среднем 50–30% от начального). Перечисленные факторы оказывают негативное влияние на коэффициент извлечения углеводородов и на продуктивность скважин.

In recent years, the main focus in TATNEFT PJSC has shifted towards the fields with carbonate reservoirs with the total share of hard-to-recover reserves amounting to 57%. The current production rate does not allow to effectively develop the entire resource potential of Lower and Middle Carboniferous carbonates – the total share of recovered reserves is 21%.

The development of these reservoirs is complicated by the presence of natural fractures running vertically, the lack of an effective water injection system and the proximity of water-saturated formations. These factors increase the risk of water breakthrough, especially when reservoir stimulation techniques are used. It should be noted that the Bashkirian and Tournaisian stages are characterized by low reservoir pressure (on average 50–30% of the initial pressure). The above-mentioned factors have a negative impact on the hydrocarbon recovery factor and well productivity.

2

СООТНОШЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАПАСОВ И ИХ ВЫРАБОТКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА КОЛЛЕКТОРА





ООО «Таграс-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Для решения задачи интенсификации притока нефти в этих условиях широкомасштабное применение получили простые соляно-кислотные обработки, а в дальнейшем и более сложные селективные технологии. Важно подчеркнуть, что значительная доля карбонатных объектов разработки эксплуатируется с применением скважин с открытым горизонтальным окончанием, в которых многократные кислотные обработки со временем не приносят экономически обоснованных результатов и имеют недостаточную продолжительность эффекта (около 3–5 месяцев).

Simple hydrochloric acid treatments and later more complex selective technologies have been widely used to solve the challenge of oil inflow stimulation in these conditions. It is important to underline that a significant proportion of carbonate reservoirs are developed with open-hole horizontal completion, where repeated acid treatments fail to provide economically viable results over time and have insufficient effect duration (about 3–5 months).

3

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫЗОВЫ СТОЯЩИЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИДН

- низкое пластовое давление, отсутствие системы ППД
- высокая кратность ранее выполненных ОПЗ, снижение результативности
- неоднородность воздействия на пласты
- неравномерная выработка запасов
- применение методов интенсификации, не обеспечивающих принципиальное изменение зоны выработки запасов

Динамика работы скважины за 2006-2019гг.





Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

В компании «Татнефть» совместно с СЗАО «Новинка» был реализован проект бурения боковых каналов малого диаметра с последующей динамической стимуляцией.

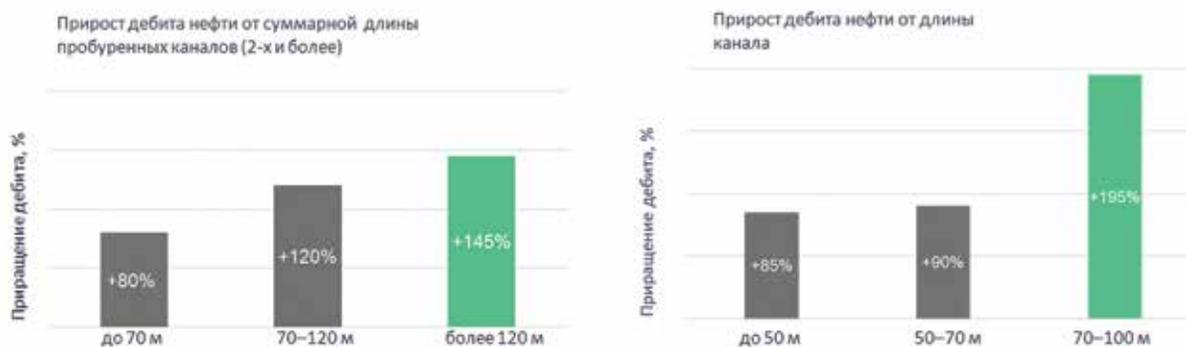
В процессе тестирования различных технических приемов опробованы различные приемы создания каналов: от создания нескольких каналов небольшой длины (30–50 м) до единичных каналов длиной 100 м. Наилучшие результаты показал метод создания более протяженных каналов длиной около 100 м – прирост дебита составил +195%.

Tatneft in cooperation with Novinka CJSC implemented a project for drilling small diameter lateral channels followed by dynamic stimulation.

Various techniques were tested with different approaches to channel creation: from creation of several channels of small length (30–50 m) to single channels of 100 m length. The method of creating longer channels of about 100 m in length demonstrated the best results – the flow rate increase was +195%.

4

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРОБУРЕННЫХ КАНАЛОВ НА ДЕБИТ



✓ Прирост дебита нефти увеличивается пропорционально длине канала – не количеству



ООО «ТаграС-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Важное значение с точки зрения результативности имеет полноценная очистка каналов от частиц выбуренной породы. Простая закачка кислоты в канал приносила результат на 40% меньше по сравнению с полноценной гидромониторной резкой при высоком давлении в пробуренном канале. При этом с увеличением удельных объемов кислоты с $0,04 \text{ м}^3/\text{м}$ до $0,2 \text{ м}^3/\text{м}$ и глубины воздействия «резанием» породы наблюдался значительный прирост притока нефти.

In terms of efficiency it is important to fully clean out the channels from the drilled rock particles. Simply pumping acid into the channel yielded 40% less result as compared to robust jetting at high pressure in the drilled channel. At the same time, the increase of specific volume of acid from $0,04 \text{ м}^3/\text{м}$ to $0,2 \text{ м}^3/\text{м}$ and jetting penetration depth has led to a significant growth of oil rate.

5

ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПРОБУРЕННЫХ КАНАЛОВ НА ДЕБИТ



В наблюдается тенденция увеличения дебита нефти при увеличении удельных объемов кислоты и соблюдении режима гидромониторной резки



Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Важным фактором является отклонение канала от основного ствола. Небольшой суммарный отход забоя нового канала (до 5 м) дает незначительный результат по сравнению с каналами, имеющими отход 5 м и более. Разница в увеличении прироста дебита нефти составляет соответственно +95% и +180%. Эти цифры зафиксировали для дальнейшего анализа.

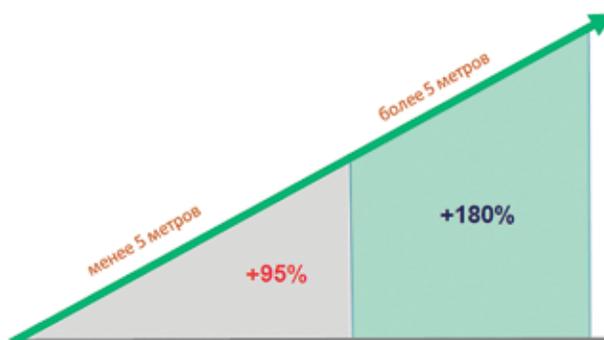
Deviation of the channel from the main borehole is an important factor. The small cumulative deviation of the new channel (up to 5 m) provides limited results as compared to channels with deviation of 5 m or more. The difference in incremental oil rate is +95% and +180%, respectively. These values were recorded for further analysis.

6

ВЛИЯНИЕ УДАЛЕНИЯ КАНАЛА ОТ ОСНОВНОГО СТВОЛА

- наблюдается характерная тенденция увеличения дебита нефти с отдалением канала от основного ствола

- предлагается продолжение бурения каналов с максимальным отходом от основного ствола





РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ:

- для направленного бурения;
- для кислотоструйного и
- гидромониторного бурения;
- для работы в шахтных условиях;
- а также, **скважинного оборудования и инструмента** (соединители с ГНКТ, клапаны обратные и циркуляционные, насадки гидромониторные, разъединители, соединительные компоновки, головки кабельные, ловильный инструмент и др.).



ОТ ИНСТРУМЕНТА ДО КОМПОНОВОК

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

В результате проведенных работ мы нащупали оптимальную комбинацию технологических решений при бурении боковых каналов, определили потенциальные точки роста.

В процессе реализации проекта был проведен НИОКР по созданию научно-технической продукции, проведен ряд совещаний, и в январе 2019 года был заключен договор по реализации опытных работ по созданию компоновки по управляемому бурению на ГНКТ с СЗАО «Новинка».

As a result, the team discovered the optimal combination of technological solutions for drilling lateral channels and identified potential points of growth.

During the project implementation, the team carried out research and development for the creation of scientific and technical products. A number of meetings were held, and in January 2019, a contract was concluded with Novinka CJSC for pilot works on the development of coiled tubing drilling assembly.

Итак, что собой представляет компоновка для направленного бурения?

Это компоновка соединительная, модуль телеметрии, устройство поворотное, обратный клапан, шарнир, наземное оборудование, соединитель, клин-отклонитель, ГЗД и породоразрушающий элемент. Наземное оборудование: блок приема – передачи информации, блок питания и ПК.

So what is the assembly for directional drilling?

The assembly includes connector module, telemetry module, swivel, check valve, knuckle-joint, wellhead equipment, connector, whipstock, positive displacement motor, bit. Wellhead equipment includes data receiving-transmitting unit, power supply unit and PC.

7

КОМПОНОВКА СИСТЕМЫ НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ



Технические характеристики оборудования

Параметр	Значение
Диаметр компоновки	54 мм
Типоразмер применяемой ГНКТ, мм	44,45x3,4 или 38,1x3,1
Тип запасованого в ГНКТ кабеля	одножильный (3х-жильный)
Дискретность устройства поворотного, °	30
Длина без ВЗД и долота	2900 мм
Расход жидкости через компоновку, л/мин	100-200
Типоразмер используемых НКТ по ГОСТ 633-80	102 (114)*
Угол клина-отклонителя, °	5
Максимальное усилие на сжатие, тонн	2
Максимальное усилие на растяжение, тонн	5

Компоновка для направленного бурения:

- компоновка соединительная
- модуль телеметрии
- устройство поворотное
- клапан обратный
- шарнир
- оборудование наземное
- соединитель
- клин-отклонитель



ООО «Таграс-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Соединительная компоновка включает в себя узел заделки геофизического кабеля, быстросъемное соединение и разъединитель механический.

Модуль телеметрии обеспечивает измерение параметров зенитного и азимутального положения компоновки, а также угла установки отклонителя ВЗД. Модуль построен на основе твердотельных гироскопов и может проводить ориентирование непосредственно внутри обсадных колонн и при этом выдерживает высокие вибрационные нагрузки.

Устройство поворотное обеспечивает дискретный поворот выходной секции с установленным ВЗД вокруг своей оси при достижении заданных параметров расхода (давления) буровой жидкости.

Шарнир предназначен для обеспечения прохождения внутрискважинной компоновки по пробуренному участку ствола скважины.

The **connector module** includes a tool for logging cable installation, a quick-connect joint and a mechanical disconnecter.

The **telemetry module** provides measurement of the zenith and azimuth position of the assembly, as well as the installation angle of the PDM deflector. The module is based on solid-state gyroscopes. This module provides orientation directly inside the casing and withstands high vibration loads.

The **swivel** provides discrete rotation of the outlet section with the installed PDM around its axis when the preset parameters of drilling fluid flow rate (pressure) are achieved.

The **knuckle-joint** is designed to allow the downhole assembly to pass through the drilled section of the wellbore.

8

СОСТАВ СКВАЖИННОЙ КОМПОНОВКИ



Компоновка соединительная включает:

- узел заделки геофизического кабеля;
- быстросъемное соединение;
- разъединитель механический.



Точность инклинометра, град:	по зениту	±0,5
	по азимуту	±3
угол установки отклонителя		±1

Модуль телеметрии обеспечивает измерение параметров зенитного и азимутального положения компоновки, а также угла установки отклонителя ВЗД. Модуль построен на основе твердотельных гироскопов и может проводить ориентирование непосредственно внутри обсадных колонн и при этом выдерживает высокие вибрационные нагрузки.



Устройство поворотное обеспечивает дискретный поворот выходной секции с установленным ВЗД вокруг своей оси при достижении заданных параметров расхода (давления) буровой жидкости.



Шарнир - предназначен для обеспечения прохождения внутрискважинной компоновки по пробуренному участку ствола скважины.

СОЕДИНИТЕЛЬ ЛУНОЧНЫЙ



Предназначен для жесткого крепления компоновки к колтюбинговой трубе. Соединение с ГНКТ производится по ее внутреннему диаметру путем выдавливания лунок.

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Обеспечение питанием и передача данных от датчиков внутрискважинной компоновки на поверхность производится по кабелю, находящемуся внутри гибкой насосно-компрессорной трубы.

The power supply and data transfer from downhole sensors to the surface is carried out through the cable inside the coiled tubing.

9

НАЗЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ С КОМПЛЕКТОМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Состав:

- Блок приема-передачи
- Блок питания
- Компьютер



Функции:

- Сбор данных, хранение и визуализация
- Построение проектной и фактической траектории
- Управление траекторией бурения
- Калибровка датчиков системы



Обеспечение питанием и передача данных от датчиков внутрискважинной компоновки на поверхность производится по кабелю, находящемуся внутри колтюбинговой трубы.



ООО «Таграс-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

При применении данной компоновки мы ожидаем получить набор кривизны в 19 градусов на 10 м и радиус бурения 30,45 м.
With this assembly it is expected to achieve an angle buildup of 19 degrees over 10 m and a drilling radius of 30.45 m.

10

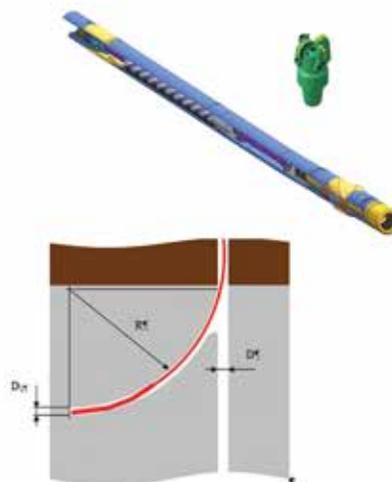
ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ НАБОРА КРИВИЗНЫ

ВЗД и долото

При проведении работ с представленным комплектом оборудования используется винтовой забойный двигатель диаметром 54 (55) мм с отклонителем и долота диаметром 66-68 мм

При использовании ВЗД ДО-55 с углом искривления кривого переводника 3° и долотом диаметром 66 мм максимальная расчетная интенсивность набора кривизны может составить $18,82^\circ/10$ м, что соответствует радиусу бурения 30,45 м

При необходимости бурения прямолинейных участков после набора кривизны с большой интенсивностью рекомендуется произвести замену ВЗД, установив двигатель с минимальным углом



Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Последовательность работ выглядит следующим образом:

- на технологических НКТ спускается и ориентируется клин-отклонитель;
- на ГНКТ спускается компоновка и ориентируется отклонитель ВЗД по углу установки клина-отклонителя;
- далее проводится бурение бокового ответвления.

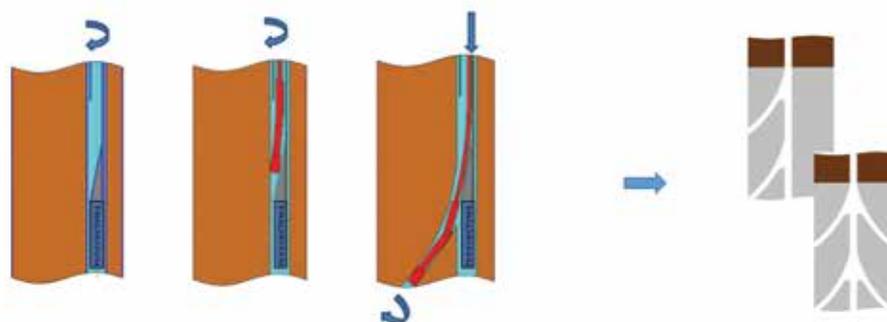
The sequence of operation is as follows:

- the whipstock is run and oriented on the tubing;
- the assembly is run on coiled tubing and the PDM deflector is oriented according to the whipstock angle;
- then drilling of the lateral channel is performed.

11

ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ. ВАРИАНТ 1

Назначение – бурение боковых стволов на необсаженных участках скважин с использованием колтюбинга.



Порядок проведения работ:

1. Спуск и ориентирование клина-отклонителя на технологических НКТ.
2. Спуск компоновки и ориентирование отклонителя ВЗД по углу установки клина-отклонителя.
3. Бурение бокового отвода.

Работы могут выполняться как в вертикальных, так и в горизонтальных либо наклонно-направленных скважинах. Для ориентации клина используется телесистема с электромагнитным каналом связи.



ООО «ТаграС-РемСервис»

Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Преимущества бурения на ГНКТ.

Benefits of drilling with coiled tubing.

12

ПРЕИМУЩЕСТВА БУРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГНКТ

- отсутствие соединений, короткое время проведения спуско-подъемных работ, быстрый монтаж и демонтаж
- возможность непрерывной циркуляции во время спуско-подъемных работ
- возможность бурения скважин на депрессии и репрессии
- высокая интенсивность набора кривизны – до 19 градусов на 10 м
- малый диаметр ГНКТ и КНБК идеально подходит для повторного входа в скважину через НКТ и прорезки боковых окон в обсадных колоннах
- возможность уменьшения участка проведения операций, меньше затрат на подготовку рабочей площадки
- сокращение состава бригад, снижение рисков, связанных с охраной труда, промышленной безопасностью и охраной окружающей среды
- замкнутый рабочий цикл, снижение воздействия на окружающую среду



Колтюбинговое бурение боковых ответвлений с применением системы направленного бурения Drilling Lateral Channels Using Coiled Tubing Directional Drilling System

Дальнейшей точкой роста технологии является колтюбинговое бурение бокового ответвления из обсаженных эксплуатационной колонной скважин (над этим работаем сейчас) и возможность бурения из вертикальных скважин с радиусом бурения менее 20 м.

Further growth point for this technology is coiled tubing drilling of lateral channels in cased hole wells (currently work in progress) and ability to drill channels from vertical wells with drilling radius less than 20 m.

13

ТОЧКА РОСТА ТЕХНОЛОГИИ СНБ-54

бурение боковых ответвлений из обсаженной скважины

бурение из вертикальных скважин с радиусом бурения менее 20 м